МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ДЕПАРТАМЕНТ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РАН

ИНФОРМАТИКА:
ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Материалы

XX Международной

научно-методической конференции

Воронеж,
13-14 февраля 2020 г.

Под редакцией д.т.н. Зацаринного А.А., к.т.н. Борисова Д. Н.

Воронеж
Издательство
«Научно-исследовательские публикации»
2020

УДК 004.65+004.438.5
ББК Ч 481 (2) 22
И74

Оргкомитет:

Сопредседатели:

Ендовицкий Д. А. – ректор Воронежского государственного университета, д.э.н., профессор;

Мосолов О. Н. – руководитель Департамента образования, науки и молодежной политики Воронежской области;

Проскурин Д. К. – руководитель Департамента цифрового развития Воронежской области.

Заместители:

Чупандина Е. Е. – первый проректор — проректор по учебной работе, д. фарм. н., профессор;

Козадеров О. А. – проректор по науке и инновациям, д. х. н., доцент;

Зацаринный А. А. – зам. директора федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, д. т. н., профессор;

Савинков Ю. А. – ректор Воронежского института развития образования (ВИРО), д.т.н., профессор;

Алгазинов Э. К. – декан факультета компьютерных наук, д. ф.-м. н., профессор;

Борисов Д. Н. – доцент кафедры информационных систем, к. т. н., доцент;

Крыловецкий А. А. – доцент кафедры цифровых технологий, к.ф.-м.н., доцент.

Члены комитета:

Бойченко И. А., Вахтин А.А., Даньшин Б. И., Монько Н.А., Соломатин Д. И., Таратухин В. В., Федоров М. Г., Шаров Ю. Н.

Программный комитет:

Артемов М. А., Бережная И. Ф., Васенин В. А., Гаршина В. В., Ерешко Ф. И., Запрягаев С. А., Кобозева И. М., Кретов А. А., Крыловецкий А. А., Кургалин С. Д., Львович Я. Е., Матвеев М. Г., Махортов С. Д., Семенов М. Е., Сирота А. А., Сычев А. В., Толстобров А. П., Чижов М. И., Чечкин А. В., Шашкин А. И.

И74 Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции / под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – 2305 с.

ISBN 978-5-6042216-9-3

В сборнике предлагаются научные работы, доклады и лекции, представленные на XX Международную научно-методическую конференцию «Информатика: проблемы, методы, технологии», проводимой Воронежским государственным университетом.

Сборник предназначен для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов.

УДК 004.65+004.438.5
ББК Ч 481 (2) 22

© ФГБОУ ВО ВГУ, 2020
© ООО «Вэлборн», 2020

ISBN 978-5-6042216-9-3

Секция 1

Методы и технологии разработки программных систем

Building process organization problem solving in computing environment

N. B. Tashpulatova [1], E-mail: nadira-ra@mail.ru,
V. 1. Lim [2], I. 1. Voevodin [3], S. 1. Mukhsinov [1]

[1] Tashkent University of Information Technologies of Information Technology
[2] Institute of Information Technology and Communications Astrakhan State Technical University
[3] Regional School Technopark Astrakhan

Аннотация. *In this paper the concept of automated decision making system in expert evaluation quality of design and construction of production facilities and prioritization of production of the repair-and-renewal operations is suggested.*

Ключевые слова: *industrial object, repair-and-renewal operation, decision making, analytic hierarchy process, prioritization.*

Introduction

Diminution of the operational risk of the industrial object is substantially associated with the optimization of repair-and-renewal operations on it [1]. Therefore the problem of planning of the repair-and-renewal operations at the industrial objects is the one of the most important problems that any enterprise of oil and gas is solving constantly [2]. The problem of the planning of the repair-and-renewal operations may be described using mathematical models of decision making that determine the link between optimization goals and yes-no decisions with adequate accuracy [3]. In this paper we suggest the conception of decision making automated system (DMAS) allowing expert appraisal of design and building quality of the industrial object and determination priorities of repair-and-renewal operations at the objects [4].

The problem of the development of the enterprise repair program is the determination of production program (operation schedule, machine utilization, processing plant working option, material and technical resources, etc.) that ensures the achievement of the minimum or maximum of the selected optimization criterion (in this paper: criterion of the minimal operational risk) and the fulfillment of limitations imposed by manufacturing environment (e.g. resource limitation) [5].

© N. B. Tashpulatova, V. Lim, I.Voevodin, Sh. Mukhsinov, 2020

1. Analytic Hierarchy Process

Analytic Hierarchy Process (AHP) is one of perspective scientific methods that allow to describe and to solve the planning problem effectively [6]. This method underlies the suggested conception of DMAS.

The suggested approach allows taking into account some hard formalizable factors such as experience and intuition of the experts making the decisions in different stages of a production program development. The AHP decomposition principle is a problem representation in form of a simple dominant hierarchy graph (scheme) with the root in the research goal representative graph node and element sets on intermediate levels reflecting criteria, factors and events affecting sublevel element sets [7]. The lower level usually contents the alternative list. AHP allows formalizing the quantitative priority appraisal procedures using not only numerical information (statistical data and so on) but also a systematized comparative expert appraisal in a special scale [8].

2. Hierarchycal model of decision making

Let's discuss iterative process of the object's repair priority problem decomposition and representation in the hierarchical form. On the Fig. 1 the graphical representation of initial (simplified) form of hierarchy is given; the highest level of this hierarchy reflects the general goal – industrial system operational risk minimization by means of optimal object's repair priority setting. On the second level the goal qualifying factors (criteria) are situated, and on the third (lowest) level the industrial objects that must be evaluated with respect to second level criterion are situated [4].

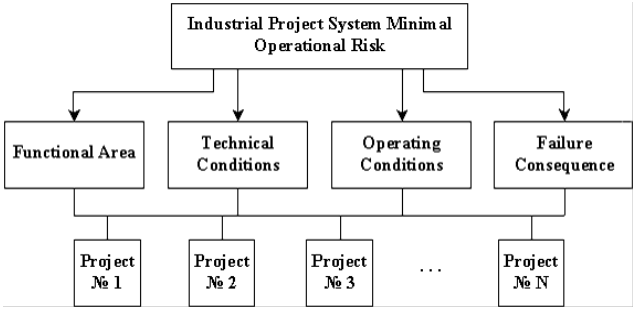


Fig. 1. Hierarchy building for the repair-and-renewal operation priority setting problem

The selection of following basic groups from the set of all industrial object repair-and-renewal priority possible ranking criteria is suggested:

object's functional area (importance degree) criteria, object's technical conditions criteria, object's operating condition criteria, failure consequence criteria.

3. Expanded hierarchy model

Let's discuss the suggested criterion groups in more detail. The object's importance degree of the functional area criteria allows evaluating such factors as:

- Object's life and health threat (e.g. in consequence of its high energy intensity and/or hazardous medium contents);
- Consequences of interruption of the production supply to the enterprises with continuous technological cycle or to the export;
- Close location and interference of different hazardous industrial and others objects;
- Object's location in the seismic region, etc.

The object's technical conditions criteria allows evaluating, in particular, the following characteristics:

- Industrial object's life;
- Structural material conditions;
- Metal structure element corrosion risk degree;
- Critical and potentially critical defect presence;
- Defect distribution density;
- Defect growth rate, etc.

We have included in object's operating condition criteria group the estimation of the following most important functioning parameters:

- Object's design values;
- Object's operating practices;
- Constructional and technological features;
- Loadings and effects;
- Characteristics of the raw materials, intermediate and termination products;
- Environmental conditions;
- Size of object's fenced-off area;
- Functioning parameters of object's internal and external adverse effect passive and active protection system, etc.

Industrial object's failure consequences (with taking into account the consequences of move out to repair and repair-and-renewal operations) evaluation is suggested with criteria such as:

- Social consequences evaluation (may be linked with the population density in the object's location region);
- Legal effect evaluation (in particular, penalty size);
- Ecological damage evaluation;

– Production incomplete delivery quantum and other downtime costs;
– Breakdown consequences elimination bill;
– Repair bill with taking into account the production incomplete delivery quantum;
– Technical and economic analysis of repair-and-renewal operation option comparison;
– Repaired construction element life time, etc.

We have done the criterion groups analysis that indicates the necessity of introducing the additional criterion level into the hierarchical problem description (by groups). Hierarchy may be expanded as shown on Fig. 2.

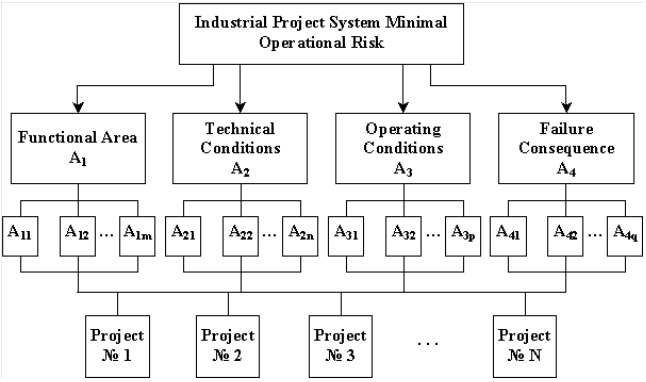


Fig. 2. Introducing the additional level into hierarchy

We have designated on the figure via A_1, A_2, A_3 and A_4 the criteria groups, and via $A_{11} – A_{1m}$, $A_{21} – A_{2m}$, $A_{31} – A_{3p}$ and A_{41} -A_{4q} – the criteria that we have included in corresponding groups.

4. Making decisions with the hierarchy

In compliance with the analytic hierarchy process requirements we have carried out the paired comparisons of the problem elements with respect to their affect to the adjoining from above ("guided") element for each level. We have done the subjective comparisons by means of relative importance scale [8] that allows numerical expressing of comparison results in the range from 1 to 9 (from "equal importance" to "very high superiority"). For the criteria groups level and criteria level the paired comparison consists of obtaining answers to question what criterion most important or have large affect to guided element. Let's notice that on the criteria groups level we have compared each described group with all of the rest groups with respect to it general goal (minimum of the operational risk) affect degree; on the criteria

level we have done the comparisons inside the groups in order to diminish the number of simultaneously compared elements to 7±2 in compliance with AHP requirements [6].

On the level of the alternatives (objects with respect to which the decisions of move out to repair is making) carrying out the paired comparisons of all objects with each other regarding to each criterion is necessary. With the objects paired comparison the decision of preference of one object compared to other with respect to moving out it to repair from the point of view of discussed criterion is necessary.

It is necessary to notice that we may refine the problem hierarchical description iteratively from the point of view of factors to general goal affect during further expertise, and also that the carried out hierarchical decomposition of the problem may be far from unique.

We have built the square reciprocal matrices on the base of the paired comparison results, here for the second level one matrix with order that equal to criteria groups number is needed, and for the third level – one matrix for each criteria group with orders that equal to criteria counts in each group is needed.

On the following stage of AHP application we have calculated the local priorities of the problem elements on each hierarchy level, for this we have found the major eigenvector of each paired comparison matrix, and further we have normalized the results to one for the priority vector building. For the criterion the built priority vector the affect intensity of each single criterion to the general goal or to the higher level criterion (the guided element) is defined.

With the second hierarchy level local priority analysis we have determined that the highest priority of repair-and-renewal operations will have following objects: the objects' failure is life threatening and provokes economical damage; objects in unsatisfactory technical conditions linked to the high operational risk; objects operating in close-to-critical conditions.

Farther in the progress of work we have evaluated the expert judgment agreement by means of obtained local priorities. For the agreement index determination we have found the Frobenius numbers (simple eigenvalue with largest modulo) for each paired comparison matrix. We have determined the conformity relations using division the agreement indices by numbers that corresponding to random agreement of the matrix with same order. We have reduced the conformity relations to the range from 0 to 10 percent that reputed as allowable for the most problems by means of expert judgment revision.

5. Prioritization

On the final stage of the repair-and-renewal operations priority problem hierarchy analysis we have synthesized the element compound (global) priorities. In compliance with AHP we have carried out the synthesis downward starting with second level, here we have multiplied the local priorities by the guided element priority and summarized they for each element in accordance with criteria that this element affects. Thus, for each level we have obtained the compound priorities that have been used for the lower level element local priorities ranking. The industrial object local priorities that obtained by the expert judgment process while DMAS approbation, introduction and use may be ranked with criteria compound priorities for the achievement of the final output – the global object's priorities with respect to the general goal [7].

Depending on industrial system size different ways of determination of third hierarchy level criterion concerning industrial object's priority may be realized with DMAS. With the low count of industrial objects (7±2) the number of the paired comparison matrices of the industrial object's preference with respect to the third hierarchy level criterion must be equal to the count of these criterion since each criterion must be applied to each object.

If we have the large-scale industrial system that consists of more than 9 objects, we may apply the approach based on subcriterion (indicators). In that case we have introduced into hierarchy the subcriterion that setting the object's preference gradations (e.g. high, medium, low) with respect to criterion and determined the priority of these subcriterion with respect to criterion, as described above (in other words, we have introduced another level into hierarchy). Farther we have compared each industrial object with each subcriteria, at the same time we have assigned to the object the priority of subcriteria that described this object in the best way. After that all the priorities of the given industrial object are summarized, and further all the obtained values are normalized for the global object's priorities determination.

For subcriterion application example we may discuss the gradation determination for the "Object's life and health threat" criterion. We may discuss about high, medium or low threat of each analyzed object. If the three gradations are insufficiently, we may introduce the intermediate object's threat gradation [8].

For example, with the passing of medium object's threat judgment the corresponding subcriterion global priority on the given criterion is immediately assigned to the given object.

Conclusions

Thus, in this paper the method of the hierarchical representation of repair-and-renewal operation on the set of different scale industrial system objects priority problem is suggested; this method allows taking into account the most affecting to the object ranking factors and limitations, as well as this method allows to use the given problem expert's accumulated experience, knowledge and intuition. Also the assessment algorithm of an industrial object failure possibility is suggested. The groups of criteria that may have effect on industrial object's safety and integrity are determined. According to the settled approach to the complex engineering system operating reliability assessment, the industrial object failure possibility quantitative assessment underlies the priority computation. With the decision of given problems the analytic hierarchy process mathematical apparatus is used.

The algorithmic implementation of the analytic hierarchy process in the decision making automated system computing environment provides the following stages realization: paired comparison matrix building, estimation agreement examination, and synthesis of object priorities. The obtained object's priorities are considered as the sequence of the repair-and-renewal operations at the objects and underlies the scientifically justified development of the enterprise repair program.

References

1. Silvianita Shafiq N. Prioritizing the Pipeline Maintenance Approach Using Analytical Hierarchical Process // International Review of Mechanical Engineering – Mar. 2010 – Vol. 4, Issue 3. – P. 346.
2. Al-Khalil M. Risk-Based Maintenance Planning of Cross-Country Pipelines / M. Al-Khalil, S. Assaf, F. Al-Anazi. // J. Perf. Constr. Fac. – 2005, Volume 19, Issue 2. – P. 124-131.
3. Dey P. K., Analytic Hierarchy Process Analyzes Risk of Operating Cross-Country Petroleum Pipelines in India" / P. K. Dey. – Natural Hazards Rev., 2003, Volume 4, Issue 4 – P. 213-221
4. Tashpulatova N.B. Planning of repair-and-renewal operations on industrial enterprises in the information environment / Tashpulatova N.B., Lim V.G., Voevodin I.G. // 5th International Conference Application of Information and Communication Technologies (AICT). – 12-14 Oct. 2011. – P.1-2
5. Ibrahim A. D. The Use of Analytic Hierarchy Process in Risk Ranking and Maintenance Planning of Cross-country Pipelines / A. D. Ibrahim. //King Fahd University of Petroleum & Minerals – Dhahran, Saudi Arabia, 2003 – P. 18

6. Saaty T. L. The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. – New York: McGraw-Hill – 1980.

7. Saaty T. L. Priority Setting in Complex Problems // Proceedings of the Second World Conference on Mathematics at the Service of Man – Las Palmas, Canary Islands, 1982.

8. Saaty T. L. and Kearns K. P. Analytic Planning – The Organization of Systems // International Series in Modern Applied Mathematics and Computer Science 7 – Oxford, England, Pergamon Press Ltd – 1985.

Задача упаковки в контейнеры множества элементов с учетом времени их обработки

О. В. Авсеева, email: olga-avseeva@mail.ru[1]
М. К. Чернышов, email: mkch69@gmail.com [1]

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе приведена постановка задачи распределения деталей, предназначенных для резки и упорядоченных по времени обработки, на листах металла, реализуемая в виде модифицированной математической модели задачи упаковки в контейнеры.*

Ключевые слова: *задача упаковки в контейнеры, многокритериальная комбинаторная оптимизация, генетический алгоритм.*

Введение

Настоящая работа посвящена обсуждению прикладной задачи, возникшей на одном из предприятий, занимающемся, в частности, изготовлением различных деталей из листового металла. Технологически процесс раскроя металла на предприятии заключается в следующем:

1. В базе данных предприятия хранится информация о деталях, которые необходимо изготовить.

2. На складе хранятся листы металла с различными характеристиками (к ним, в частности, относятся их геометрические размеры, толщина, сорт), на которых в дальнейшем должны быть размещены детали для резки.

3. Для каждой детали указан в том числе временной интервал ее обработки и изготовления. Требуется из базы данных выбрать согласно приоритету обработки те детали, которые можно уместить на тот или иной лист.

4. После распределения деталей по листам необходимо выяснить

– имеются ли не заполненные полностью листы;
– достаточно ли листов на складе.

В первом случае незаполненные до конца листы либо откладываются до получения новых заказов, либо обрабатываются по принципу "как есть" – в этом случае на склад поступает обрезок листа нового размера.

© Авсеева О. В., Чернышов М. К., 2020

Во втором случае требуется сформировать заказ на закупку дополнительных листов у поставщика.

5. После закупки новых листов обработку не распределенных деталей следует повторить (см. п. 3).

1. Постановка задачи

Математическая модель сформулированной задачи представляет собой задачу упаковки некоторого количества элементов (изготавливаемых деталей) в минимальное число контейнеров (листов металла) [1]. При этом постановка задачи может быть сформулирована следующим образом.

Дано множество контейнеров размера V и набор n элементов для упаковки с размерами $a_1, a_2, ..., a_n$. Найти целое число контейнеров B и B-разбиение $S_1 \bigcup ... \bigcup S_B$ множества $\{1, ..., n\}$ такое, что $\sum_{i \in S_k} a_i \le V, \forall k = 1, ..., B,$ и число контейнеров B было минимально.

Введем обозначения:

$$y_i = \begin{cases} 1, \text{если контейнер } i \text{ использован,} \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad i = 1, ..., n \tag{1}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если элемент } j \text{ упакован к контейнер } i, \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases} \tag{2}$$

$$i = 1, ..., n, \ \ j = 1, ..., n.$$

Тогда задача запишется в виде:

$$B = \sum_{i=1}^{n} y_i \to \min \tag{3}$$

при

$$B \ge 1 \tag{4}$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_j x_{ij} \le V y_i, \forall i = 1, ..., n \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \forall j = 1, ..., n \tag{6}$$

$$y_i \in \{0, 1\}, i = 1, ..., n \tag{7}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, i = 1,...,n, j = 1,...,n \quad (8)$$

Условие (4) гарантирует ненулевое решение. Условие (5) означает, что суммарный размер деталей, упакованных в i-й контейнер, не превышает его размера. Условие (6) означает, что j-й элемент должен быть упакован только в один контейнер.

Соотношения (3)–(8) действительно представляют собой классическую математическую модель задачи упаковки в контейнеры. Однако, в нашем случае у каждой детали помимо размеров есть еще один параметр – это время выполнения заказа. Следовательно, контейнеры и упакованные в них детали должны быть распределены таким образом, чтобы при выполнении заказа были соблюдены указанные сроки. То есть в результате все контейнеры должны быть упорядочены, и последовательность контейнеров соответствовала срокам выполнения заказа для содержащихся в них деталей. Иными словами, первый контейнер, представляющий собой лист стали, должен содержать детали с наименьшими сроками выполнения, а последний – с наибольшими.

Учтем вышеописанные условия в математической модели. Указание сроков изготовления деталей устанавливает над элементами для упаковки отношение частичного порядка $\succeq$.

Пусть мы имеем следующее упорядочение множества из n элементов:

$$p_1 \succeq ... \succeq p_i \succeq ... \succeq p_j \succeq ... \succeq p_n \quad (9)$$

В данном упорядочении элемент p_1 имеет наибольший приоритет, а p_n – наименьший.

Введем для каждой пары элементов $(a_{i,}a_j)$ оценку r_{ij}, отражающую степень предпочтения элемента a_i элементу a_j и равную расстоянию между этими элементами в упорядочении (9).

Если элемент a_i стоит на i-м месте в ряду (9), а элемент a_j – на j-м, то

$$r_{ij} = j - i,\ r_{ji} = i - j. \quad (10)$$

Таким образом, для упорядочения (9) имеем симметричную матрицу предпочтений R размерности $n \times n$, на главной диагонали которой расположены нули.

Очевидно, что элементы должны распределяться по контейнерам согласно приоритету.

Это условие можно формализовать, введя дополнительный критерий, означающий близость элементов, принадлежащих одному контейнеру, с точки зрения оценки предпочтений r_{ij} :

$$P = \sum_{j=1}^{m} \left(y_i \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} x_{ij} x_{kj} \left| r_{ij} \right| \right) \to \min \qquad (11)$$

Таким образом, получаем двухкритериальную задачу (3)–(8), (11).

2. Пример решения поставленной задачи

Проиллюстрируем предложенный критерий на примере. Пусть необходимо распределить $n = 8$ элементов, имеющих следующий частичный порядок:

$$a_1 \succeq a_2 \succeq a_5 \succeq a_7 \succeq a_3 \succeq a_8 \succeq a_6 \succeq a_4$$

Тогда матрица предпочтений R будет иметь следующий вид:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 4 & 7 & 2 & 6 & 3 & 5 \\ -1 & 0 & 3 & 6 & 1 & 5 & 2 & 4 \\ -4 & -3 & 0 & 3 & -2 & 2 & -1 & 1 \\ -7 & -6 & -3 & 0 & -5 & -1 & -4 & -1 \\ -2 & -1 & 2 & 5 & 0 & 4 & 1 & 3 \\ -6 & -5 & -2 & 1 & -4 & 0 & -3 & -1 \\ -3 & -2 & 1 & 4 & -1 & 3 & 0 & 2 \\ -5 & -4 & -1 & 2 & -3 & 1 & -2 & 0 \end{pmatrix}$$

Предположим, что были получены следующие распределения, дающие оптимальное решение задачи (3) – (8):

$$S_1^{(1)} = \{1,2,7\}, S_2^{(1)} = \{5,3,8\}, S_3^{(1)} = \{6,4\}$$

$$S_1^{(2)} = \{1,2,5\}, S_2^{(2)} = \{7,3,8\}, S_3^{(2)} = \{6,4\}$$

В обоих случаях число контейнеров минимально и равно трем. Посчитаем теперь значение критерия (11).

В первом случае:

$$p^{(1)} = \left|r_{12}\right| + \left|r_{17}\right| + \left|r_{27}\right| + \left|r_{53}\right| + \left|r_{38}\right| + \left|r_{58}\right| + \left|r_{64}\right| = 13$$

Во втором:

$$p^{(2)} = \left|r_{12}\right| + \left|r_{25}\right| + \left|r_{15}\right| + \left|r_{73}\right| + \left|r_{38}\right| + \left|r_{78}\right| + \left|r_{64}\right| = 9$$

Таким образом, с учетом критерия (11) в качестве оптимального выбираем второе распределение.

Заключение

Рассмотренная задача (3)–(8), (11) относится к классу *NP*-трудных задач многокритериальной комбинаторной оптимизации.

Приведенная постановка задачи требует уточнения. Поскольку изначально рассматривается технологический процесс изготовления деталей из листов стали, необходимо в конечном итоге получить карту распределения деталей на листах. Для этого в постановке следует учесть геометрические размеры и форму деталей (элементов), например, как в [2].

В качестве метода решения данной задачи предлагается использовать генетические алгоритмы [3]. Данный метод широко применяется для решения задач упаковки [4,5], однако в нашем случае требует модификации с учетом введенного критерия (11).

Список литературы

1. Martello S., Toth P., Knapsack Problems. Wiley, Chichester, 1990.
2. Руднев, А. С. Алгоритм имитации отжига для решения задач двумерной прямоугольной упаковки в контейнеры с запрещёнными областями / А. С. Руднев // Дискретный анализ и исследование операций. – 2010. – Т. 17. № 4 (94). – С. 43-66.
3. Гречишников, М.А. Объектно-ориентированный подход к построению генетических алгоритмов / М.А. Гречишников, О.В. Авсеева // Объектные системы. - 2016. - № 13. - С. 56-60.
4. Bean, James C. Genetic Algorithms and Random Keys for Sequencing and Optimization / James C. Bean // ORSA Journal on Computing, Volume 6, Issue 2. - Spring 1994. – P. 107-220
5. Jakobs, S. On genetic algorithms for the packing of polygons / S. Jakobs // European Journal of Operational Research, Volume 88. – 1996. – P. 165-181

Исследование характеристик речевых сигналов на основе вейвлет-анализа

А. В. Боева, e-mail: anettytiki@gmail.com,
А. П. Преображенский, e-mail: app@vivt.ru

АНОО ВО Воронежский институт высоких технологий

Аннотация. *На основе вейвлет-анализа разработана модель и программная реализация алгоритма построения спектра сигнала, а также его непрерывного вейвлет-преобразования.*

Ключевые слова: *вейвлет, спектр, анализ, данные.*

Введение

В современных системах безопасности и информационных системах выделяется две важнейшие научно-практические задачи – идентификация и верификация личности. Наиболее часто в наше время применяются системы биометрической аутентификации человека (верификация и распознавание), принцип которых основан на анализе разнообразных личных физиологических характеристик человека, таких как, отпечатки пальцев, звук, форма и размер руки, зрачок и параметры сетчатки. Наиболее многообещающий метод проверки на подлинность личности – это подтверждение или установление личности голосом на основе голосового сигнала определенного человека. Распознавание и порождение (синтез) речи компьютером – неоднозначная и важная проблема в современном мире. Вопросы обработки речи представляют собой часть дисциплин, называемых цифровой обработкой сигналов и распознаванием образов.

При выполнении акустического контроля или получении записи голосового сигнала в реальных условиях данный сигнал подвергается различным помехам, которые ухудшают качество полезного (голосового) сигнала, включая четкость, до того момента, пока связь не прекратится. В значительных практических моментах задача снижения уровня помех для восстановления значения сообщения является наиболее актуальной.

Методы цифровой обработки сигналов в большинстве случаев осуществляют преобразование, очистку и трансформацию звукового сигнала в цифровой формат данных и другие представления, которые могут непосредственно обрабатываться системой распознавания речи.

© Боева А. В., Преображенский А. П., 2020

Данные задачи включают и фильтрацию шумовых сигналов, которые примешиваются к звуку при передаче акустических сигналов от воспринимающих устройств (микрофонов) или по сети. Способы распознавания образов применяют при выделении и распознавании отдельных слов или предложений речевого потока или в редких случаях для идентификации говорящего.

В последнее время обширно применяются методы обработки данных, которые основанны на вейвлет-преобразованиях. Вейвлеты - это математические функции, которые позволяют анализировать различные частотные компоненты данных. Вейвлеты имеют существенные преимущества по сравнению с преобразованием Фурье, так как вейвлет-перобразование позволяет судить не только о частотном спектре сигнала, но также и о том, в какой момент времени появилась та или иная гармоника. С их помощью имеется возможность легко анализировать прерывистые сигналы, либо сигналы с острыми всплесками. Кроме того, вейвлеты позволяют анализировать данные согласно масштабу, на одном из заданных уровней (мелком или крупном). Уникальные свойства вейвлетов помогают сконструировать базис, в котором представление данных будет выражаться всего несколькими ненулевыми коэффициентами. Данное свойство делает вейвлеты очень удобными для упаковки данных, в том числе видео и аудиоинформации.

1. Разработка моделей

Сегодня наиболее популярна одна модель речевого тракта. Данная модель основана на том следствии, что одним из источников формирования звука является источник звука, который происходит при колебании голосовых связок. Источник звука содействует в формировании нескольких групп звуков. В зависимости от степени участия источника звука звук подразделяется на гласные и согласные.

Нужно понимать, что речевой сигнал, исходящий из голосовых связок человека, имеет помехи в связи с вызванными человеческими факторами, таким как дефекты речи, глухота, и др. В следствии чего необходимо учитывать это при анализе сигнала, имеющего в своем составе речь.

Необходимо подробнее рассмотреть данную модель сегмента речевого сигнала, применительно к задачам анализа синтеза речи. Физическая модель образования речи показана на рисунке 1. Входной сигнал x(t) поступает от голосовых связок (природный генератор колебаний), проходит через N-е количество параллельно соединенных резонаторов (характеризующих форму речевого тракта) и в итоге на

выходе образуется определенный произносимый вокализованный речевой сегмент y(t).

Также при поступлении речевого сигнала от голосовых связок, он проходит через колебательную систему, которая накапливает колебательную энергию за счет резонанса с вынуждающей силой.

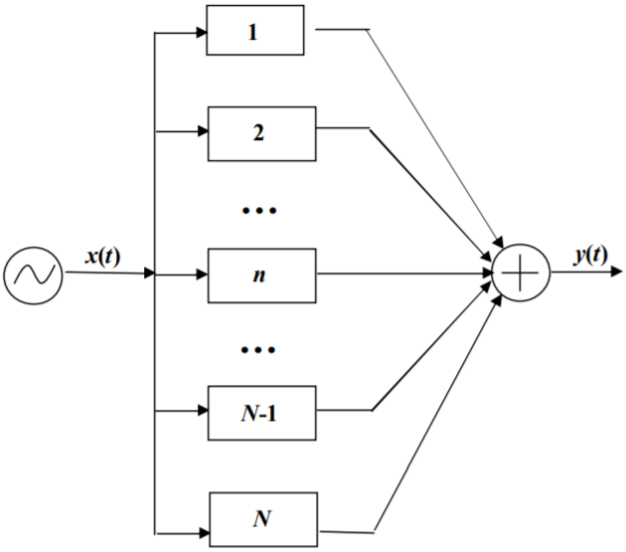


Рис. 1. Модель речевого сигнала для вокализованного сегмента, применительно к задачам анализа синтеза речи

Общеизвестен тот факт, что гласные звуки - квазипериодические колебания, которые вызваны действиями голосовых связок, в следствии чего, рационально использовать гармонические математические модели, наиболее полно описывающие данные сегменты речи.

2. Принцип вейвлет-преобразования

Гармонические базисные функции преобразования Фурье предельно локализованы в частотной области и не локализованы во временной (определены во всем временном). Их противоположность - импульсные базисные функции типа импульсов Кронекера, которые предельно локализованы во временной области и "размыты" по всему частотному диапазону.

Вейвлеты по локализации в этих двух представлениях рассматриваются как функции, которые занимают промежуточное

положение между гармоническими и импульсными функциями. Они должны быть локализованными как во временной, так и в частотной области представления. Но при проектировании таких функций неизбежно столкновение с принципом неопределенности которое связывает эффективные значения длительности функций и ширины их спектра. Чем точнее будет осуществляться локализация временного положения функции, тем шире будет становиться ее спектр, и наоборот.

Отличительной особенностью вейвлет-анализа является то, что в нем можно использовать семейства функций, реализующих различные варианты соотношения неопределенности. Соответственно, исследователь имеет возможность гибкого выбора между ними и применения тех вейвлетных функций, которые наиболее эффективно решают поставленные задачи.

Вейвлетный базис пространства необходимо конструировать из финитных функций, которые принадлежат этому же пространству и должны стремиться к нулю на бесконечности. Чем быстрее эти функции стремятся к нулю, тем удобнее использовать их в качестве базиса преобразования при анализе реальных сигналов.

Функция изменения частотной независимой переменной в спектральном представлении сигналов отображается во временном представлении растяжением/сжатием сигнала. Но конечность (локальность) функции на временной оси требует дополнительной независимой переменной последовательных переносов (сдвигов) функции вдоль оси (параметра локализации), для перекрытия всей числовой оси пространства.

3. Программная реализация расчета спектра непрерывного вейвлет – преобразования

Для решения задачи быстрого вейвлет преобразования и поиска его спектра был выбран пакет MATLAB. Он подходит для решения различных задач анализа сигналов, а также поиска значений параметров электромагнитных, звуковых, световых и других типов волн.

При проектировании решения стало известно, что наиболее эффективно использовать подключаемые модули.

При решении задачи использовались следующие функции и переменные:

– COEFS – коэффициенты непрерывного вейвлет-преобразования;

– S – сигнал, который требуется проанализировать для построяния решения задачи;

– SCALES – параметр, который необходим для коррекции временного масштаба вейвлет-функции;

– 'wname' - тип вейвлет-функции, применяемый для вычисления спектра непрерывного вейвлет- преобразования;

– PLOTMODE – параметр визуальных настроек для отображения коэффициента вейвлетов;

– XLIM – параметр изменения цветов отображения набора вейвлет- коэффициентов. Он рпедставляет собой вектор [x1 x2], 1<=x1<x2<=length.

Для наглядного примера работы программы был взят сигнал, который можно задать в виде функции с параметрами:

```
t = 0:0.000001:0.0004;
A = 1; F = 10000; phi = 45;
signal = A*sin(2*pi*F*t + phi);
```

Листинг алгоритма:

```
subplot(211); plot(t,signal);
axis([0 0.0004 -1 1]);
title('Исходный сигнал'); grid
xlabel('Время, t'); ylabel('Значения сигнала')
subplot(212);
c = cwt(signal,1:1:32,'mexh','3Dabslvl',[0 10]);
title('Вейвлет-спектр');
xlabel('Временной сдвиг, b');
ylabel('Временной масштаб, a')
lb = -5; ub = 5; n = 1000;
[psi,x] = mexihat(lb,ub,n);
figure; plot(x,psi);
title('Вейвлет мексиканская шляпа'); grid
xlabel('t'); ylabel('\psi(t)')
```

В результате выполнения кода было визуализированно следующее изображение (рисунок 2):

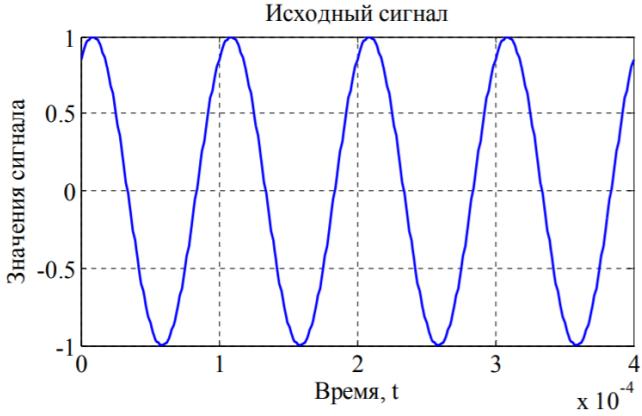


Рис. 2. Визуализация исходного сигнала

На рисунке 3 можно увидеть вейвлет – спектр сигнала, изображенного на рисунке 2. Как можно заметить на спектрограмме, она состоит из областей различной степени насыщенности, которые соответствуют различным особенностям сигнала.

Так, области более низкой степени насыщенности соотвествуют экстремумам синусоидального колебания, а области насыщенного цвета в виде вертикальных полос – переходам сигнала через точку нуля.

Стоит сказать, что такой вид спектрограммы, которую можно увидеть на рисунке 3 – не единственный для сигнала, который анализируется в данном примере. Сушествует огромное множество базисных вейвлет – функций.

Для описываемого сигнала был выбран вейвлет «мексиканская шляпа» (рисунок 4). В листинге программы, который можно увидеть в приложении 1, вычисление вейвлета происходило с помощью функции mexihat. Также существуют аналогичные функции для вычисления других типов вейвлетов, которые можно найти в подключаемых модулях и расширениях Matlab.

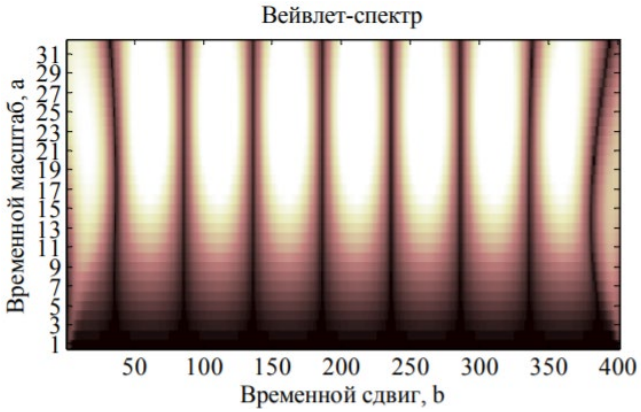


Рис. 3. Вид спектрограммы исследуемого сигнала

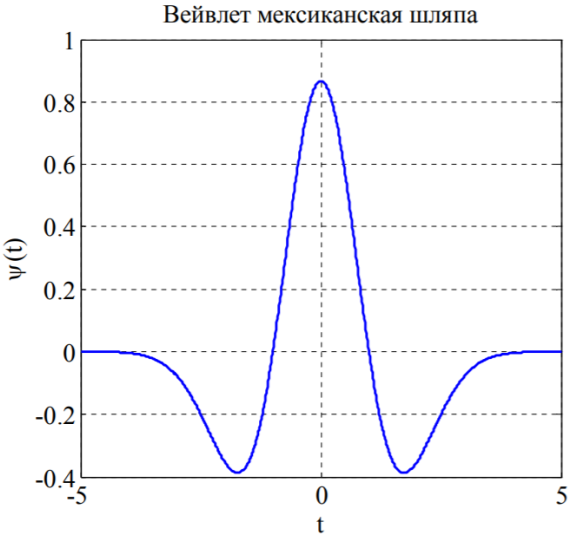


Рис. 4. Вейвлет «мексиканская шляпа»

При разработке программы был реализован в качестве примера сигнал, рассмотренный во временной области и его спектрограмма. Данную программу можно использовать для расчета спектра различных сигналов.

Заключение

В работе были описаны необходимые требования к математическим моделям речевых сигналов для создания надежной системы аутентификации по голосу, а именно: относительно высокая точность, минимальное количество расчетов необходимых параметров.

Главный итог изучения вейвлет-анализа – улучшение методики определения границ речи при помощи применения акустических характеристик звуков человеческой речи. Это дает определить границы речи в звуковом сигнале при высокоамплитудных помехах и в условиях превышения шумных глухих щелевых и смычно-щелевых звуков. Также способность проводить первичную сегментацию речевого сигнала с одновременной классификацией полученных сегментов. Данный метод при предварительной обработке уменьшает количество ошибок дальнейшего распознавания.

При помощи описанного подхода возможно построение интеллектуальных систем взаимодействия человек-компьютер и речевого управления техническими устройствами.

В результате проведения было произведено изучение непрерывных вейвлет – преобразований и рассчитан метод определения границ речи.

Литература

1. Богнер, Р. Введение в цифровую фильтрацию / Р. Богнер, А. Константинидис. – М. : Питер, 2015. - 184 с.

2. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров / В. П. Дьяконов. – М. : Солон-Пресс, 2014. – 576 с.

3. Марпл-мл., С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл-мл. – М. : Питер, 2014. – 836 с.

Использование продукционной модели знаний для решения задачи генерации подмножеств естественного языка

С. Ю. Болотова, email: bolotova.svetlana@gmail.com [1]
К. В. Сиволапов, email: sivkostja@gmail.com

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе предлагается модель генерации диалогов при помощи многомерного анализа семантических данных за счет привлечения алгоритма автоматической генерации используемых шаблонов на основе продукционных систем*

Ключевые слова: *Продукционная модель знаний, генерация подмножеств естественного языка, генерация языковых конструкций, языковые модели.*

Введение

Задача генерации осмысленных выражений естественного языка ставится достаточно давно. Для ее решения используются многочисленные теории и программные системы, однако, многие проблемы формализации естественного языка до сих пор остаются не разрешенными.

На сегодняшний день для генерации человеческой речи предлагается множество готовых систем искусственного интеллекта. Подобные системы могут отличаться свойствами и функциями, направленными на решения определенного рода задач. Ярким примером таких программ могут являться чат-боты – программы, разрабатываемые на основе технологий машинного обучения для общения и выполнения определенного круга задач пользователя [1]. Сейчас чат-боты умеют бронировать билеты, обрабатывать заказы, выполнять функции консультантов и т.д. Боты могут быть использованы и для запуска рассылок в мессенджерах и СМС. При этом подобные программы должны быть достаточно гибкими, чтобы в процессе диалога с пользователем путем анализа беседы менять сценарий разговора, а обрабатывать клиентские запросы и реагировать на них необходимо в кратчайшее время.

1. Разработка системы

Предлагается модель генерации диалогов при помощи многомерного анализа семантических данных за счет привлечения

© Болотова С. Ю., Сиволапов К. В., 2020

алгоритма автоматической генерации используемых шаблонов на основе продукционных систем. Согласно этой модели запросы группируются в категории, каждая из которых представима набором сходных по смыслу правил. Правила должны содержать совокупность ключевых слов, встречающихся в обрабатываемом запросе, а также возможный, отправляемый клиенту ответ, внутри которого может находиться текст, картинка или ссылка. Настраивать содержимое ответа можно при помощи особых макросов.

Продукционная система состоит из множества таких правил (иногда этот набор правил называют продукционной памятью), интерпретатора правил, который решает, когда стоит применить каждое из них, и рабочей памяти, содержащей данные, в совокупности определяющие текущий запрос. Именно структуры данных в рабочей памяти анализируются и преобразуются правилами. Обращение к правилам синхронизируется текущими данными, а интерпретатор правил управляет выбором и активизацией определенных правил.

Системы, основанные на правилах, позволяют объединять в группы, связанные фрагменты знаний (категории). Каждое продукционное правило может быть использовано независимо от других, что в свою очередь позволяет развивать базу знаний.

Данная система может быть представлена в виде совокупности категорий, которые объединяют в себе правила, используемые для ответов на сходные вопросы, приходящие со стороны клиента, а сами правила внутри категории могут быть представлены в виде дерева, где исходное правило, определяющее категорию вопроса, лежит в корне, а последующие правила являются его вершинами.

Такая система легко модифицируется при помощи добавления новых категорий и правил. Кроме того, стоит заметить, что при данном подходе возможно добавление новых правил или категорий прямо в процессе общения с клиентом, путем динамического расширения модели, однако в то же время данная модель является громоздкой и не способна учитывать формы слов и другие особенности естественного языка.

Далее будет предложен подход, использующий вероятностные модели для формирования языковых конструкций, который может быть представлен как альтернатива данному.

Для генерации ответов используется свободный набор открытых данных, содержащий записи о email-ах людей, работавших в корпорации Enron. Стоит заметить, что выборка писем может содержать персональную информацию и данные, которые могут ее засорять. Для устранения ненужной информации используется библиотека scrubadub,

которая заменяет персональные данные на заготовленные выражения. Этот пакет позволяет очищать личную информацию из данных без ущерба для конфиденциальности людей.

После очистки данных от ненужной персональной информации был получен языковой корпус, на основе которого производится генерация языковых конструкций. В контексте данной задачи используется языковая модель на основе N-грамм [3, 4]. В области обработки естественного языка N-граммы используется в основном для предугадывания на основе вероятностных моделей. N-граммная модель рассчитывает вероятность последнего слова N-граммы, если известны все предыдущие. При использовании этого подхода для моделирования языка предполагается, что появление каждого слова зависит только от предыдущих слов. Ниже задана модель для определения вероятности употребления фразы, где w_i, $i = 1, n$ – слово, а $P(w_i)$ – вероятность его употребления.

$$P(w_{1:n}) = P(w_1) * P(w_1 \mid w_2) * P(w_3 \mid w_{1:2}) * \cdots * P(w_n \mid w_{1:n-1}) \quad (1)$$

Ниже рассмотрен пример с использованием фразы «Мой дядя самых честных правил», где P - является вероятностью употребления заданной фразы. Формально она задается как вероятность возникновения последовательности слов в некотором языковом корпусе (например корпусе, который был получен выше).

P = P(мой) * P(дядя | мой) * P(самых | мой дядя) * P(честных | мой дядя самых) * P(правил | мой дядя самых честных)

Таким образом можно найти вероятность того, насколько характерна данная фраза для языкового корпуса.

После определения языковой модели, фразы разбиваются на символьные последовательности произвольной длины, для обозначения границ используются разделители <start> и <end>, при этом разделители могут быть любыми, важно лишь то, что они определяют границы между последовательностями символов. Данные последовательности используются в качестве входных для задачи генерации. Стоит заметить, что выходные данные будут обусловлены входными данными, так как разбиения производятся на фразах. Данный подход связан с моделью Seq2Seq [5]. Ключевая идея подобных моделей заключается в том, что в них рассматриваются (входная последовательность) и выходные данные (выходная последовательность) как последовательности слов. Пользуясь данным подходом можно разбить фразу «Маша пошла гулять с подругой Аней» на две: <start>Маша пошла гулять с<end>,<start>подругой Аней.<end>. В контексте данной модели последовательность символов «Маша

пошла гулять с» является входной, а последовательность «подругой Аней.» является выходной. На рис. 1 представлена схема генерация языковых конструкций на основе этого подхода, где x_i, $i = 1, n$ – элементы входной последовательности, а y_j, $j = 1, m$ выходной, <start> и <end> являются разделителями.

Seq2Seq модель, состоит из двух рекуррентных нейронных сетей (RNN): encoder (кодер), которая обрабатывает входные данные, и decoder (декодер), которая генерирует данные вывода. Для решения данной задачи применена модификация рекуррентной нейронной сети (LSTM).

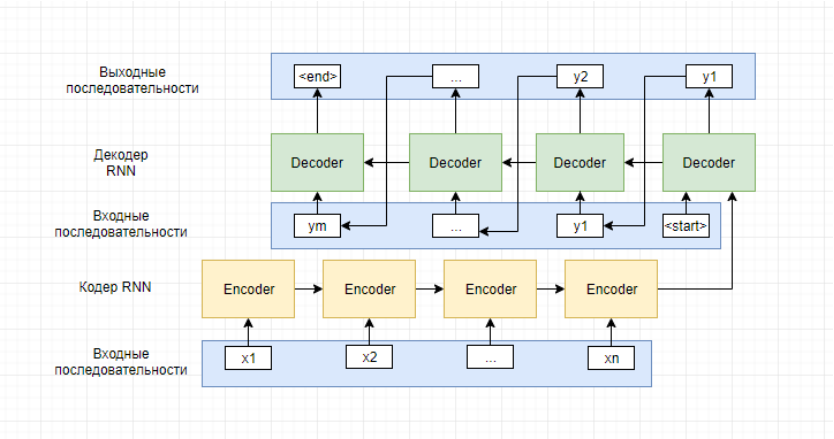


Рис. 1. Генерация выходной последовательности на основе входных данных

Схеме генерации выходных последовательностей соответствует алгоритм, состоящий из следующих основных этапов:

1) Энкодер (Encoder) последовательно считывает входное предложение и выдает вектор контекста.

2) Получив вектор, декодер генерирует последовательно продолжение фразы. Отдельными «словами» в словаре для генерация являются слова «<start>» и конец предложения «<end>».

Кодер можно представить в виде формулы 2, где l_t – вектор скрытого состояния кодера на шаге t, w_{t-1} – слово, которое выбрано в качестве основной гипотезы исходя из P_{t-1} в качестве основной гипотезы [4].

$$l_t = enc(l_{t-1}, w_{t-1}). \quad (2)$$

Декодер представляется в виде формулы (3).

$$l_t, P_t = dec(l_{t-1}, w_t). \quad (3)$$

Как было описано выше, для двух реккурентных нейросетей Encoder и Decoder используется модификация LSTM. Все рекуррентные нейронные сети имеют форму цепочки повторяющихся модулей нейронной сети. В стандартных RNN этот повторяющийся модуль будет иметь очень простую структуру, как один слой с использованием гиперболического тангенса. LSTM также имеют эту структуру, но повторяющийся модуль отличается от того, что находится в обычной реккурентной сети. Вместо одного слоя нейронной сети существует четыре, взаимодействующих совершенно особым образом [3].

Основным компонентом повторяющихся модулей в LSTM является состояние ячейки – горизонтальная линия, в верхней части элемента цепочки, изображенной на рис. 3. Состояние ячейки проходит напрямую через весь компонент, при этом само оно учувствует в нескольких линейных преобразованиях, что помогает не изменять элементы, проходящие через элемент цепочки, без необходимости.

Процесс удаления информации из состояния ячейки регулируется фильтрами. Фильтры пропускают входящую информацию через себя. Каждый фильтр состоит из слоя нейросети с функцией активации сигмойд и операции поточечного умножения. Сигмойд принимает значения [0,1], которое влияет на то, какую часть информации стоит пропустить через фильтр дальше (в случае 1 – всю, 0 – иначе).

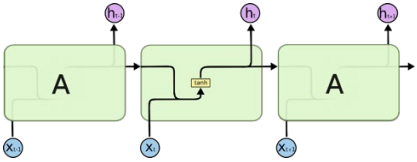


Рис. 2. Повторяющийся модуль в рекуррентной нейросети

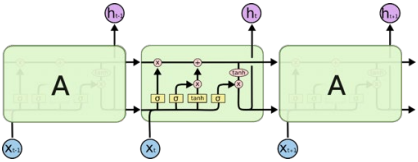


Рис. 3. Повторяющийся модуль в LSTM

Полученная модель получила реализацию при помощи библиотеки Tensorflow с использованием надстройки Keras. Обучение происходило в 10 эпох на 2000 e-mail-ов с размером эмбадингов 1000. Тестовая

выборка формировалась из 20 % от исходного числа записей. В ходе проверок точность предсказаний составила 95.9 %.

Заключение

Предложенная модель, основанная на правилах, помогает справиться с определенным кругом задач генерации подмножеств естественного языка, а именно, автоматически анализировать запросы клиентов и генерировать персонализированные ответы на эти запросы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No 19-07-00037.

Список литературы

1. Clark A., Fox C., Lappin S. The Handbook of Computational Linguistics and Natural Language Processing. – Hoboken, NJ : Wiley-Blackwell, 2013.

2. Hofmann T. Probabilistic latent semantic analysis. // In: Proceedings of the 15th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI), Stockholm, Sweden, 1999. – P. 289–296.

3. Pedregosa et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – 12. – P. 2825–2830.

4. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: data mining, Inference, and Prediction. – New York : Springer, 2009. – C. 485–586.

5. Manning C., Schuutze H. Foundations of Statistical Natural Language Processing. – MA, USA : MIT Press Cambridge, 1999.

Сравнение моделей управления доступом СУБД ЛИНТЕР и СУБД PostgreSQL

Д. В. Борисенков, email: xuser@relex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются особенности модели управления доступом СУБД ЛИНТЕР в сравнении с аналогичной моделью СУБД PostgreSQL и проводится систематизация отдельных различий между ними с точки зрения практической важности, влияния на безопасность и других критериев.*

Ключевые слова: *реляционные базы данных, СУБД ЛИНТЕР, СУБД PostgreSQL, дискреционный доступ, мандатный доступ, ролевой доступ.*

Введение

Использование СУБД в качестве компонента защищенных систем выдвигает повышенные требования к моделям управления доступом в СУБД, представляющим собой сложную комбинацию дискреционной, мандатной и ролевой моделей управления доступом. В настоящее время обязательным требованием к моделям управления доступом является их формальная верификация с помощью специальных инструментальных средств (к которым относятся, например, язык моделирования Event-B [1] и оболочка Rodin), что нашло отражение проекте ГОСТ “Формальное моделирование политики безопасности” от компании РусБИТех [2]. Модель управления доступом для специальной защищенной версии СУБД PostgreSQL описана в [3].

В задачу данной статьи не входит составление формального математического описания модели управления доступом для СУБД ЛИНТЕР Бастион – его планируется отразить в последующих публикациях. Целью данной статьи является сравнительный анализ моделей управления доступом и связанных с ними элементов организации баз данных СУБД ЛИНТЕР Бастион [4] и защищенной версии СУБД PostgreSQL, а также отражение в обеих моделях элементов стандарта языка SQL [5].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

© Борисенков Д. В., 2020

1. Элементы модели

В данном разделе перечислены основные элементы модели управления доступом СУБД ЛИНТЕР Бастион.

К субъектам доступа (которые могут быть также и объектами доступа) относятся:

– множество учётных записей пользователей, включающее всегда существующую учетную запись особого пользователя БД – создателя БД и владельца ее системных объектов;

– множество ролей, включающее особую всегда существующую роль PUBLIC, используемую для задания общих для всех прав доступа;

– функция назначения ролей пользователям и ролям;

– функция множества ролей пользователя как транзитивное замыкание функции назначения ролей;

– множество субъект-сессий пользователей;

– функция принадлежности субъект-сессии учётной записи пользователя, задающая для каждой субъект-сессии учётную запись пользователя, от имени которой она функционирует;

– множество уровней доступа пользователей;

– функция уровня доступа пользователя, задающая для каждой учетной записи пользователя ее уровень доступа.

К объектам доступа (сущностям, которые подразделяются на простые объекты и составные объекты – контейнеры) относятся:

– база данных, являющаяся корневым контейнером модели и содержащая глобальные объекты, такие, как схемы, станции, устройства;

– схемы – контейнеры, содержащие такие объекты, как таблицы, представления, хранимые процедуры, триггеры;

– таблицы, содержащие отдельные строки;

– строки таблиц, содержащие значения отдельных столбцов;

– прочие объекты – столбцы, станции, устройства, хранимые процедуры, триггеры.

Элементы дискреционного доступа:

– множество видов прав доступа к сущностям;

– функция применимых к типу сущности видов прав доступа;

– функция прав доступа к сущностям пользователей и ролей.

Элементы мандатного доступа:

– решётка уровней конфиденциальности;

– множество групп доступа

– мандатные метки учетных записей пользователей – уровни доступа и доверия и группы;

– мандатные метки сущностей, для которых они могут быть заданы – уровни доступа и ценности и группы.

2. Основные отличия в организации схемы базы данных и модели управления доступом между СУБД ЛИНТЕР и PostgreSQL

Ниже приведен список отличий в организации схемы базы данных и модели управления доступом СУБД ЛИНТЕР БАСТИОН от организации схемы базы данных и модели управления доступом СУБД PostgreSQL (описанной в статье [3] ее защищенной версии).

Отличия, относящиеся к субъектам доступа (пользователям и ролям):

1. В СУБД ЛИНТЕР множество пользователей не является подмножеством множества ролей, напротив, эти два множества не пересекаются. Соответственно, функции иерархии СУБД PostgreSQL в СУБД ЛИНТЕР соответствует функция назначения ролей.

2. В СУБД ЛИНТЕР нет деления пользователей на доверенных и недоверенных. Вместо этого существуют три уровня прав пользователей (DBA – администрирование, RESOURCE – создание объектов, CONNECT – соединение с БД). Если существующий в БД пользователь не имеет ни одного из этих уровней прав, то он не может осуществлять доступ к БД (однако может иметь в БД принадлежащие ему объекты, созданные им ранее, когда у него был уровень прав RESOURCE или DBA).

3. В СУБД ЛИНТЕР всегда существует выделенный суперпользователь (владелец базы) с большим набором прав, чем у остальных администраторов (пользователей, имеющих уровень прав DBA). Однако, в отличие от СУБД PostgreSQL, где пользователю superuser разрешены любые действия, в СУБД ЛИНТЕР могут быть действия, недоступные владельцу базы в данный момент.

4. В СУБД ЛИНТЕР нет деления на обычные и административные роли (роль в сущности является просто именованным набором привилегий дискреционного доступа).

Отличия, относящиеся к схеме БД, входящим в нее контейнерам и объектам:

5. В СУБД ЛИНТЕР нет кластеров и взаимодействия разных БД (информация, относящаяся к каждой БД, хранится только внутри нее).

6. В СУБД ЛИНТЕР нет некоторых сущностей, реализованных в СУБД PostgreSQL: пользовательских типов, правил переписывания, BLOB-значений, выделяемых как отдельные объекты.

7. В СУБД ЛИНТЕР есть сущности, не реализованные в СУБД PostgreSQL: станции и устройства.

Отличия, относящиеся к организации дискреционного доступа:

8. В СУБД ЛИНТЕР невозможно сменить владельца сущности (владельцем сущности всегда является ее создатель).

9. В СУБД ЛИНТЕР невозможно дать привилегию WITH GRANT OPTION (привилегии дискреционного доступа всегда назначает только владелец сущности).

10. В СУБД ЛИНТЕР нет привилегий доступа к отдельным столбцам таблиц (которые есть в СУБД PostgreSQL и в стандарте SQL).

11. В СУБД ЛИНТЕР есть объекты (кодировки, преобразования кодировок, псевдонимы кодировок, синонимы конкретного пользователя, PUBLIC-синонимы), которые являются общедоступными и не рассматриваются в данной модели. Некоторые из этих объектов обычно являются неизменными (кодировки), другие могут создаваться и удаляться в процессе работы (синонимы).

12. Опция AS OWNER в СУБД ЛИНТЕР задается не при создании процедуры, как в СУБД PostgreSQL, а при ее вызове.

Отличия, относящиеся к организации мандатного доступа:

13. И для пользователей, и для сущностей в СУБД ЛИНТЕР задаются два уровня мандатного доступа (RAL – уровень чтения / конфиденциальности и WAL – уровень записи / целостности).

14. В СУБД ЛИНТЕР есть не только уровни, но и группы мандатного доступа (в некоторой степени соответствующие категориям мандатного доступа в других СУБД)

15. Не все сущности в СУБД ЛИНТЕР могут иметь метки мандатного доступа. Могут иметь такие метки таблицы, столбцы, строки, поля строк, устройства, и станции. Не могут иметь их схемы, представления, триггеры и хранимые процедуры.

16. В СУБД ЛИНТЕР существует мандатный доступ на уровне отдельных полей строк таблицы, в связи этим каждая строка таблицы является контейнером.

Отличия, относящиеся к организации ролевого доступа:

17. В СУБД ЛИНТЕР все назначенные пользователю роли являются одновременно активными для него (в СУБД PostgreSQL – только одна выбранная роль).

18. Ролям в СУБД ЛИНТЕР может быть назначен только дискреционный доступ, с мандатным доступом аппарат ролей никак не связан.

3. Выводы относительно описанных отличий

Далее приведена систематизация перечисленных в предыдущем пункте отличий СУБД ЛИНТЕР Бастион от СУБД PostgreSQL

(преимущественно тех пунктов, где модель СУБД ЛИНТЕР может быть улучшена).

Важные для построения формально верифицируемой модели безопасности свойства – п. 2, 4 (деление на недоверенных и доверенных пользователей и обычные и административные роли).

Важные с практической точки зрения возможности, улучшающие функциональность СУБД – п. 5 (удобство построения распределенной базы данных), п. 8 (возможность удаления учетной записи пользователя без удаления принадлежащих ему данных).

Отклонения от единообразия реализации, нежелательные с точки зрения модели доступа – п. 15.

Отклонения от стандарта либо единообразия реализации, не имеющие принципиального значения – п. 9-11 (длительный опыт общения в качестве сотрудника технической поддержки с пользователями СУБД показывает, что эти моменты на практике очень мало востребованы).

Не вполне удачные особенности реализации, которые имеет смысл заменить в перспективной разработке стандартными либо принятыми в других СУБД вариантами – п. 12 (вызов одной и той же процедуры как с опцией AS OWNER, так и без нее, мало полезен), п. 14 (система групп является менее гибкой по сравнению с системой категорий).

Все остальные пункты рассматриваются либо как преимущества СУБД ЛИНТЕР, либо как изначально равноценные альтернативы, плюсы и минусы которых требуют дальнейшего изучения.

Заключение

Результаты проведенного анализа рассматриваются как отправной пункт для последующего построения формальной модели управления доступом СУБД ЛИНТЕР Бастион и проекта аналогичной модели для перспективной версии СУБД ЛИНТЕР, изначально ориентированной на поддержку компьютеров, использующих современные многоядерные процессоры, и распределенной архитектуры.

Список литературы

1. Abrial J.-R. Modeling in Event-B: System and Software Engineering. / J.-R. Abrial.– 1st edition. – Cambridge University Press. – 2010. – 612 p.

2. Защита информации. Формальное моделирование политики безопасности. Часть 1. Формальная модель управления доступом [Электронный ресурс] : проект национального стандарта. Режим доступа : https://fstec.ru/component/attachments/download/2421

3. Шумилин А.В. Основные элементы мандатной сущностно-ролевой ДП-модели управления доступом и информационными потоками в СУБД PostgreSQL ОС специального назначения Astra Linux Special Edition. / А.В. Шумилин. // Прикладная дискретная математика. – 2013. – № 3 (21). - С. 52–67.

4. Модель защиты данных [Электронный ресурс] : электронная документация по СУБД ЛИНТЕР. Режим доступа: http://linter.ru/ru/documentation/information/pdf/mod_szi.pdf

5. Information technology – Database languages – SQL – Part 2: Foundation (SQL/Foundation). ISO/IEC 9075:1999, 1999.

Реализация инструментальных тестов на CI для Android-приложений

М. А. Володина, e-mail: volodina.surf@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Реализован стабильный этап инструментальных тестов на CI с возможностью запуска тестов для каждого модуля Android-приложения и формирования подробных тестовых отчетов.*

Ключевые слова: *Continuous Integration, настройка эмулятора, формирование тестовых отчетов.*

Введение

CI (Continuous Integration) – это практика разработки ПО, которая предполагает слияние рабочих копий в основную ветку разработки несколько раз в день, а также проведение автоматизированных сборок проекта для быстрого выявления проблем и их решения.

Правильно настроенная CI способствует предотвращению попадания в основную ветку нерабочего кода. Один из важнейших сценариев использования – запускать процесс для каждого нового pull request'a (который также называется merge request, если используется GitLab), который обычно содержит следующие шаги:

1. Инициализация процесса для конкретного pull request'a. Здесь происходит ожидание, если на выделенной для CI машине уже запущено максимальное количество процессов. Затем на данном этапе происходит декларирование результата для каждого последующего шага, то есть определяется, как результат конкретного шага будет влиять на итоговый результат данного процесса. Чаще всего используется самая простая стратегия: если текущий шаг завершился ошибкой, то завершается весь процесс с ошибкой. Другая стратегия может быть использована, если на текущем шаге происходит прогон тестов: при завершении тестов с ошибкой процесс продолжается, но его результат помечается как нестабильный из-за того, что все этапы были выполнены, но некоторые тесты не были пройдены успешно.
2. Выполнение команды git merge для слияния в основную ветку разработки и проверка наличия конфликтов.
3. Сборка проекта (на данном этапе чаще всего выполняется команда ./gradlew clean assembleQa).

© Володина М. А., 2020

4. Выполнение юнит тестов и генерация отчетов для их результатов (./gradlew testQaUnitTest).

5. Оповещение о результате, который зависит от всех предыдущих этапов.

Запуск инструментальных тестов помимо стандартных юнит-тестов позволяет автоматизировать более полную проверку всего функционала приложения с учетом предлагаемых изменений. Этот этап требует детальной настройки для получения достоверных тестовых отчетов.

2. Формирование требований

Перед реализацией запуска инструментальных тестов на CI необходимо изучить окружение, на котором они будут запущены. Здесь важны параметры машины, выделенной для CI (которая также называется нода), количество памяти, максимальное количество процессов, запущенных на машине по CI-триггерам. От этих параметров будут зависеть параметры эмулятора для прогона инструментальных тестов.

Для этапа запуска инструментальных тестов можно выделить следующие требования:

Запуск эмулятора с оптимальными параметрами, исключающими непредвиденные падения тестов из-за нехватки памяти на ноде.

Создание отдельного эмулятора для каждого отдельного запуска тестов на одной ноде.

Проверка статуса запущенного эмулятора и возможность его перезапуска до начала прогона тестов.

Последовательный запуск тестов каждого модуля и генерация отчетов.

Определение минимального количества перезапуска тестов одного модуля в случае их падения.

Перечисленные выше требования позволяют сделать этап запуска инструментальных тестов стабильным и исключить технические падения тестов, которые могут возникнуть из-за неполадок на ноде или нехватки памяти. На данном этапе важно отличить реальное падение тестов, когда добавленные изменения в коде действительно не прошли проверку, и падение, вызванное неправильной настройкой ноды.

3. Реализация

Перед настройкой эмулятора необходимо выполнить команду ./gradlew assembleAndroidTest, результатом работы которой являются специальные apk-файлы для запуска инструментальных тестов каждого

модуля, которые будут использоваться наряду с обычными qa-сборками, собранными на предыдущем этапе.

Для настройки эмулятора определим класс конфигурации, который будет запущен для запуска тестов. Класс включает следующие поля:

avdName – имя AVD (Android Virtual Device) для запуска эмулятора. Рекомендуется делать уникальным для каждого проекта.

deviceName – имя девайса. Можно указать одно из стандартных, например, Nexus 5X.

sdkId – параметры запуска эмулятора. Следующие параметры являются оптимальными: system-images;android-28;google_apis;x86.

sdcardSize – объем памяти на эмуляторе. Для нормального запуска большого количества тестов достаточно указать 3072M.

emulatorName – имя запущенного эмулятора. Инициализируется при его запуске.

Ниже приведены команды создания AVD и запуска эмулятора (листинг 1).

Листинг 1

Запуск эмулятора с указанными параметрами

```
/opt/android-sdk-linux/tools/bin/avdmanager create avd -f -n
avd-name -d 'Nexus 5X' -k 'system-images;android-
28;google_apis;x86' -c 3072M
/opt/android-sdk-linux/emulator/emulator -avd avd-name -no-
boot-anim -netfast -noaudio -accel on -no-window -gpu
swiftshader_indirect -no-snapshot-save
```

Затем необходимо получить имя запущенного эмулятора для текущего процесса. Это можно сделать следующим способом: в цикле для всех запущенных на ноде эмуляторов необходимо сделать парсинг имени каждого и получить порт эмулятора. По умолчанию имя эмулятора имеет паттерн emulator-*, где * – это порт, на котором он запущен. Используя порт запущенного эмулятора, мы получим имя AVD для него, и сравним с текущим именем AVD, определенным в классе-конфигурации. Если имя AVD текущего эмулятора совпадает с сохраненным именем AVD, то именно на этом эмуляторе будут запущенны инструментальные тесты. Имя эмулятора сохраняется в класс-конфигурацию (листинг 2).

Листинг 2

Поиск эмулятора для заданного AVD

```
# получение имен всех запущенных эмуляторов на ноде.
# из списка запущенных девайсов берем те, имена которых
# удовлетворяют паттерну имени эмулятора.
```

```
/opt/android-sdk-linux/platform-tools/adb devices | grep
emulator | cut -f1
# получение имени AVD для эмулятора с заданным портом
echo avd name | nc localhost 5554 -q 3
```

После проверки статуса запущенного эмулятора начинается запуск инструментальных тестов для каждого модуля приложения с помощью библиотеки с открытым исходным кодом – spoon, которая имеет широкие возможности для конфигурации запуска тестов параллельно на нескольких устройствах, а также для сбора подробных отчетов результатов тестов (листинг 3).

Листинг 3

Пример команды запуска инструментальных тестов для одного модуля

```
java -jar spoon-runner-1.7.1-jar-with-dependencies.jar --apk
/home/ci/workspace/android-
test/sample/build/outputs/apk/qa/sample-qa.apk --test-apk
/home/ci/workspace/android-
test/sample/build/outputs/apk/androidTest/qa/sample-qa-
androidTest.apk --output /home/ci/workspace/android-
test/sample/build/outputs/spoon-output --adb-timeout 300 --
debug --grant-all --no-animations -serial emulator-5554
```

Парсинг логов результатов команды позволяет получить результат ее работы, а также возможность влиять на него. Необходимо обработать следующие сценарии:

Обработка случая, когда apk-файлы были сгенерированы для модуля, но список инструментальных тестов для него пуст. В обычном случае эта команда вернет ошибку. Более правильным решением будет рассмотреть этот случай отдельно и вывести сообщение в лог, что модуль не содержит тестов.

Обработка случая падения тестов для конкретного модуля с возможностью их перезапуска.

По завершении инструментальных тестов конкретного модуля его результаты копируются в заданную директорию для дальнейшей публикации результатов всего этапа (листинг 4).

Листинг 4

Экспорт результатов запуска инструментальных тестов

```
private static void publishTestResults(
            Object script,
            String testResultPathXml,
            String testResultPathDirHtml,
            String reportName
) {
```

```
        script.junit allowEmptyResults: true, testResults:
testResultPathXml
        script.publishHTML(target: [
                allowMissing         : true,
                alwaysLinkToLastBuild: false,
                keepAll              : true,
                reportDir            : testResultPathDirHtml,
                reportFiles          : "*/index.html",
                reportName           : reportName
        ])
    }
```

Заключение

Запуск инструментальных тестов на CI позволяет на раннем этапе оценить функциональность приложения с учетом предлагаемых изменений кода и автоматизировать проверку работоспособности приложения до выкладывания тестовой сборки в общий доступ. Для сборки, успешно прошедшей эти тесты, есть гарантированное множество проверенных на CI сценариев, которых не нужно смотреть заново QA-инженерам. Помимо автоматического запуска тестов на заранее сконфигурированном эмуляторе, можно расширить данный этап, добавив параллельный запуск на нескольких реальных девайсах для получения более полных отчетов работоспособности приложения при разных сценариях.

Список литературы

1. Дейтел П. Android для разработчиков / П. Дейтел, Х. Дейтел, А. Уолд – 3-е изд. – СПб. : Питер, 2016. – 512 с.

2. Раздел официальной документации Android об инструментальных тестах. – Электрон. ресурс – Режим доступа: https://developer.android.com/studio/test

3. Документация библиотеки Spoon для запуска инструментальных тестов для платформы Android. – Электрон. ресурс – Режим доступа: https://square.github.io/spoon

Пользовательский интерфейс ИИС исследования характеристик полимерных композитов

О. С. Дмитриев, email: phys@nnn.tstu.ru
А. А. Живенкова, А. О. Дмитриев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *В работе рассмотрен пользовательский интерфейс, его структура и особенности построения прикладного программного обеспечения, системы визуализации информации и управления информационно-измерительной системы исследования характеристик полимерных композитов. Приведены модули прикладного программного обеспечения, их параметры, назначение и возможности, составляющие основу пользовательского интерфейса.*

Ключевые слова: *информационно-измерительная система, модуль, пользовательский интерфейс, полимерные композиты.*

Введение

Среди новых конструкционных функциональных материалов, особое место занимают полимерные композиты (ПК), обладающие уникальными свойствами, программируемыми под требуемые условия эксплуатации. Благодаря анизотропии физико-механических свойств этих материалов, которым в процессе изготовления материала можно задавать нужные направления, ПК становятся незаменимыми в этом плане в различных отраслях современной техники. Технология производства изделий из ПК предполагает формообразование и термическую обработку – отверждение. Качество изделий из ПК определяется оптимальностью температурно-временного режима и возникает необходимость в математическом моделировании процесса тепло- и массопереноса и идентификации характеристик ПК [1, 2].

Для исследования характеристик полимерных композитов и проектирования процесса отверждения разработана интеллектуальная информационно-измерительная система (ИИС), описание различных этапов разработки которой приведено в работах [3-5]. Управление ИИС при эксплуатации, включающей в свой состав множество различных связанных между собой программных модулей, побуждает к необходимости разработки специализированного пользовательского интерфейса, работа с которым и его функционирование не вызывало бы трудностей у специалиста в области полимерных композитов.

© Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О., 2020

1. Структура ИИС исследования полимерных композитов

Структурная схема интеллектуальной ИИС для исследования свойств ПК включает в себя следующие виды обеспечений [5]:

- техническое – совокупность всех технических средств;
- программное – совокупность всех программных продуктов;
- информационное – пользовательский интерфейс, способы информационного отображения и хранения данных о состоянии исследуемого объекта для дальнейшего использования в системе, центральная часть информационного обеспечения – база данных;
- математическое – совокупность математических моделей, методов и алгоритмов;
- организационно-методическое – совокупность документов, устанавливающих состав ИИС, правила эксплуатации и прочее.

Основываясь на перечне функций и задач, решаемых ИИС, основными ее компонентами являются:

- аппаратная платформа, центральной частью которой является персональный компьютер, на базе которого функционирует системное и прикладное программное обеспечение (ПО), и измерительная система (ИС), позволяющая регистрировать данные эксперимента;
- системное программное обеспечение, включающее операционную систему, офисный пакет, среду разработки прикладного ПО;
- прикладное программное обеспечение, включающее модуль управления экспериментом, модуль расчета теплофизических характеристик (ТФХ) и других свойств ПК, модуль поддержки принятия решений (МППР) по выбору наилучшего алгоритма расчета ТФХ, модуль имитационного моделирования, модуль визуализации информации;
- информационное обеспечение, включающее базу данных экспериментов и систему управления базой данных (СУБД).

2. Система визуализации информации и управления ИИС исследования полимерных композитов

Общими элементами пользовательского интерфейса и всего прикладного программного обеспечения ИИС являются модули **управления и визуализации информации.**

Модуль управления обеспечивает ввод информации об эксперименте, управление экспериментом, сбор и сохранение экспериментальной и расчетной информации в базе данных.

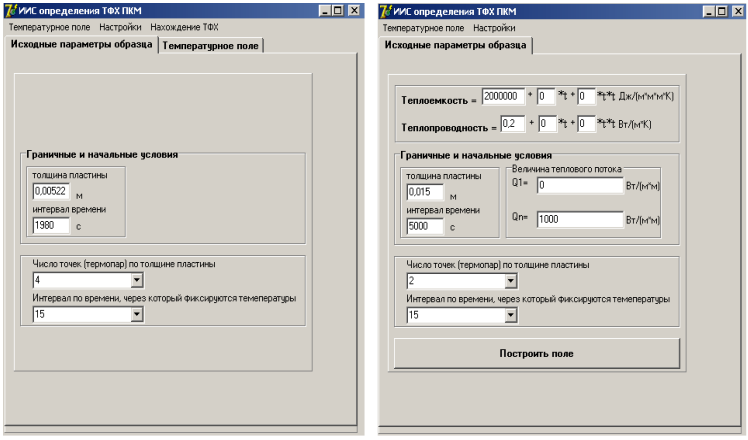
Началом работы с пользовательским интерфейсом и прикладным программным обеспечением ИИС является запуск модуля управления экспериментом. В модуле задаются необходимые параметры для работы. Выбирается режим работы системы и способ получения данных:

- загрузка информации о ранее исследованных материалах из БД;
- режим имитационного моделирования и тестирования ПО;
- режим выполнения эксперимента с помощью ИИС.

В случае загрузки готового файла из БД в рамках модуля управления экспериментом происходит анализ структуры файла и загрузка его данных в систему для дальнейшего использования и передачи в другие модули ИИС. При этом отображаются основные сведения о материале и об условиях эксперимента (см. рис. 1).

При выборе режима имитационного моделирования в модуле управления экспериментом осуществляется задание пользовательских данных: ТФХ, тепловых потоков, временного интервала, толщины образца, числа термопар и других данных, которые передаются в модуль имитационного моделирования для решения прямой и обратной задачи теплопроводности.

В случае выбора режима получения новых данных начинается проведение эксперимента с помощью ИИС. Задаются условия проведения эксперимента, включая: сведения о материале, напряжение нагревателя, временной интервал измерения данных, толщина образца, число термопар и т.д. Визуальное отображение эксперимента осуществляется путем передачи данных в модуль визуализации информации. Экранная форма модуля отображения эксперимента приведена на рис. 2.

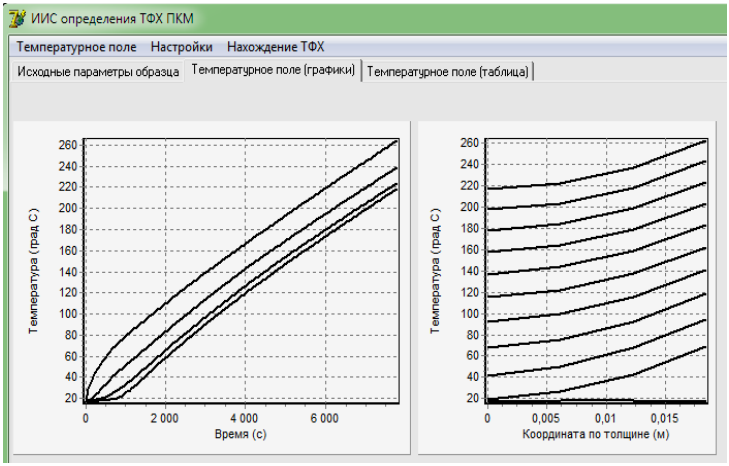


а б

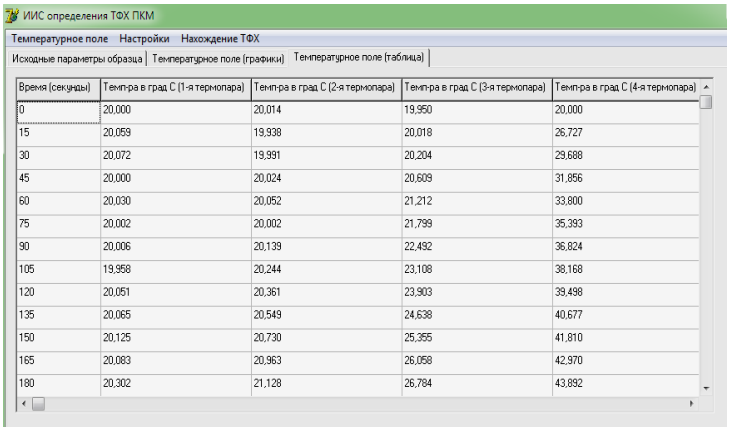
а – загрузка из БД; б – задание исходных данных вручную для режима имитационного моделирования

Рис. 1. Задание исходных данных для выполнения эксперимента

Завершение эксперимента происходит при достижении заданной температуры в измерительной ячейке, либо по окончании заданного времени эксперимента. Процесс может быть также прерван по нажатию кнопки Esc. После проведения эксперимента модуль управления обеспечивает сохранение полученной информации в БД ИИС.



а



Время (секунды)	Темп-ра в град С (1-я термопара)	Темп-ра в град С (2-я термопара)	Темп-ра в град С (3-я термопара)	Темп-ра в град С (4-я термопара)
0	20,000	20,014	19,950	20,000
15	20,059	19,938	20,018	26,727
30	20,072	19,991	20,204	29,688
45	20,000	20,024	20,609	31,856
60	20,030	20,052	21,212	33,800
75	20,002	20,002	21,799	35,393
90	20,006	20,139	22,492	36,824
105	19,958	20,244	23,108	38,168
120	20,051	20,361	23,903	39,498
135	20,065	20,549	24,638	40,677
150	20,125	20,730	25,355	41,810
165	20,083	20,963	26,058	42,970
180	20,302	21,128	26,784	43,892

б

а – графическая форма; б – табличная форма

Рис. 2. Ход эксперимента нагрева образца

Модуль расчета позволяет определять теплофизические характеристики, т.е. теплоемкость и теплопроводность, а также кинетические и реологические свойства ПК, по полученным экспериментальным данным о температурном распределении внутри образца за временной интервал эксперимента. Входной информацией для модуля являются экспериментальные данные, переданные модулем управления экспериментом или модулем имитационного моделирования. Экранная форма модуля расчета приведена на рис. 3.

В рамках модуля расчета реализованы четыре отдельные процедуры, соответствующие четырем методам обработки экспериментальных данных и алгоритмам расчета ТФХ:

- процедура расчета ТФХ как констант или как функций времени по температурам образца по толщине (см. рис. 3 график 1);
- процедура расчета ТФХ как констант или как функций времени по температурам поверхности образца (см. рис. 3 график 2);
- процедура расчета ТФХ как функций температуры на основе интегрального представления обратной задачи теплопроводности в виде интегро-функционального уравнения (см. рис. 3 график 3) [2];
- процедура расчета ТФХ на основе фильтра Калмана (см. рис. 3 график 4).

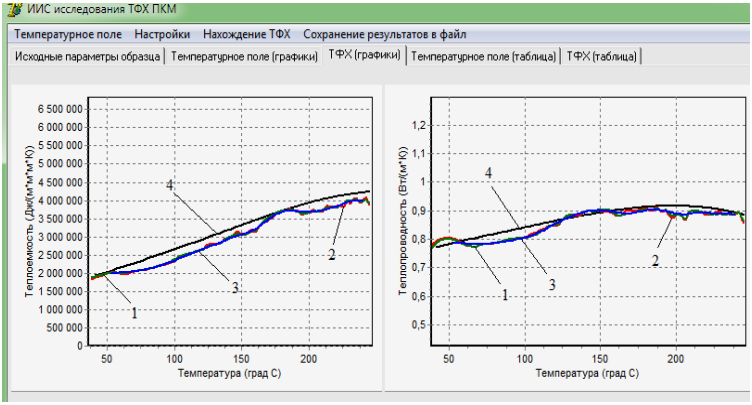


Рис. 3. Графики ТФХ, построенные по результатам расчета разными методами

После выбора пользователем пункта меню, соответствующего одному из алгоритмов происходит расчет ТФХ и их визуальное отображение в виде графиков и таблиц. Расчет может быть проведен любым из четырех методов и алгоритмов или всеми алгоритмами сразу.

Модуль имитационного моделирования позволяет проводить сравнение данных, выбранных для решения прямой задачи, с данными, полученными в результате решения обратной задачи и оценивать погрешность алгоритма расчета. Экранная форма приведена на рис. 3.

Результаты имитационного моделирования в случае необходимости могут быть сохранены в файл, идентичный по структуре с файлом, содержащим экспериментальные данные, и записаны в базу данных.

Модуль поддержки принятия решений по выбору наилучшего алгоритма расчета ТФХ является вспомогательным модулем и позволяет выбрать алгоритм расчета ТФХ, дающий наилучшие результаты в заданных условиях эксперимента. Это достигается анализом и сравнением входных условий эксперимента с обширным набором проведенных ранее опытов. Экранная форма ИИС, иллюстрирующая работу МППР при выборе наилучшего алгоритма расчета ТФХ, приведена на рис. 4.

Результат работы данного модуля носит консультационный характер и не ограничивает дальнейший выбор пользователя. Он выражается в виде информационных сообщений, появляющихся в названии на кнопке каждого из алгоритмов и характеризующих возможность использования алгоритмов, а также отмечающих наилучший при заданных условиях эксперимента. Программа построена таким образом, что расчет ТФХ можно произвести любым алгоритмом, не зависимо от того оптимален он или нет. Однако наличие модуля поддержки принятия решений существенно упрощает работу с ИИС особенно для пользователей, не имеющих опыта по исследованию процесса отверждения ПК и расчету их ТФХ.

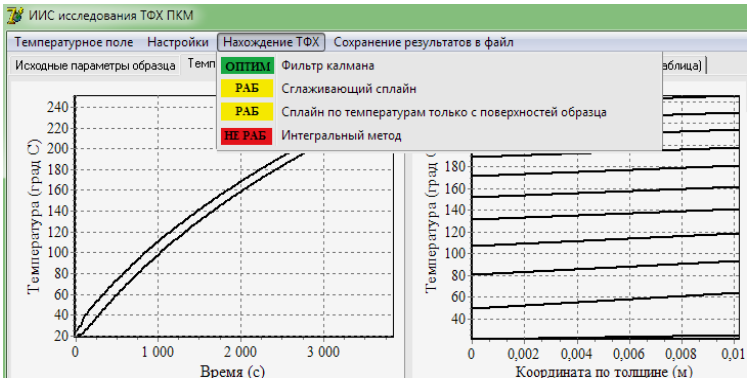


Рис. 4. Пример работы модуля поддержки принятия решения по выбору наилучшего алгоритма расчета ТФХ

Заключение

Предложен пользовательский интерфейс, включающий систему визуализации и управления ИИС, позволяющий вводить данные, представлять входную и выходную информацию в виде таблиц и графиков в режиме реального времени в ходе подготовки и выполнения эксперимента, а также визуализировать результаты расчетов, сравнивая их между собой, для анализа полученных данных. Разработанный пользовательский интерфейс позволяет специалисту в области полимеров легко адаптироваться с работой ИИС и квалифицированно проводить исследования характеристик полимерных композитов.

Список литературы

1. Мищенко, С. В. Математическое моделирование процесса отверждения изделий из полимерных композиционных материалов методом вакуумного автоклавного формования в технологическом пакете / С. В. Мищенко, О. С. Дмитриев, А. В. Шаповалов, В. Н. Кириллов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2001. – Т. 7, № 1. – С. 7-19.
2. Дмитриев, О. С. Численно-аналитическое решение нелинейной коэффициентной обратной задачи теплопроводности / О. С. Дмитриев, А. А. Живенкова // Инженерно-физический журнал. – 2018. – Т. 91. № 6. – С. 1425-1437.
3. Мищенко, С. В. Автоматизированная система исследования процесса отверждения композиционных полимерных материалов / С. В. Мищенко, О. С. Дмитриев, Н. П. Пучков, А. В. Шаповалов // Промышленная теплотехника. – 1989. – Т.11, № 5. – С.79-84.
4. Dmitriev O. S. Computer-Measuring System for Research into Properties of Glutinous Prepregs and Calculation of Curing Cycles of the Polymer Composite Materials on Their Base / O. S. Dmitriev, S. V. Mischenko, A. O. Dmitriev, V. N. Kirillov // Polymer Science, Series D. – 2010. – Vol. 3. No. 1. – pp. 20–25.
5. Дмитриев, О. С. Информационно-измерительная система исследования процесса отверждения полимерных композитов / О. С. Дмитриев, А. А. Живенкова, А. О. Дмитриев // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIX международной научно-методической конференции. Секция 10. – 2019. – С. 1696-1700.

Использование тестирующих и контролирующих программ при изучении специальных дисциплин

А. И. Драбо, email: alexei002@yandex.ru
А. Е. Пигарев, email: alexei002@yandex.ru
А. С. Животворев, email: alexei002@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматривается возможность использования тестирующих и контролирующих программ, созданных на основе Microsoft Excel, что представляется особенно актуальным при большой численности обучающихся.*

Ключевые слова: *тестирующие и контролирующие программы, процесс обучения, образовательные учреждения, Microsoft Excel, гиперссылка, панель инструментов.*

Введение

В процессе обучения в высшем военном учебном заведении при изучении специальных дисциплин практическим занятиям отводится наиболее существенное значение, так как на данном виде учебных занятий обучающиеся осваивают теоретический материал на практике. При проведении практического занятия преподаватель обязан обеспечить опрос 100 % присутствующих на занятии обучающихся. В настоящее время численность учебной группы составляет около 30 человек. Если занятие длится 90 минут, то на контроль готовности одного обучающегося уходит приблизительно 3-4 минуты. Вследствие этого возникает проблема: как произвести контроль опрос такого количества обучающихся за столь короткое время? Одним из путей решения данной проблемы является проведение письменного опроса. Другим путем является использование современных информационных технологий, которые позволяют проводить тестирование и контроль знаний обучающихся.

1. Особенности и классификация тестов в отечественной системе обучения

В отечественной педагогике термин «тест» закрепился только в узком значении – «объективный тест». Он представлен в виде вопросов, обеспечивающих однозначность ответов обучающихся. Его отличает

© Драбо А. И., Пигарев А. Е., Животворев А. С., 2020

тщательность разработки в соответствии с определенными правилами и процедурами, предварительная экспериментальная проверка, наличие таких характеристик эффективности, как валидность и надежность. Имеющийся эталон ответа гарантирует объективность результатов тестирования, которые поддаются количественному учету и математической обработке [1, 2].

Основное отличие теста от контрольной работы состоит в том, что он всегда предполагает измерение. Другим важным отличием является то, что тесты проходят процедуру стандартизации, поэтому отметка, выставляемая по итогам тестирования, отличается большей объективностью, чем оценка контрольной работы, вынесенная на основании личного суждения поверяющего.

Тест обычно состоит из двух частей: информационной и операционной. Информационная часть содержит ясно и просто сформулированную инструкцию и примеры правильного выполнения заданий. Операционная часть состоит из некоторого количества заданий или вопросов. Тестовое задание является минимальной составляющей единицей теста, которая предполагает определенную вербальную или невербальную реакцию тестируемого. Каждое тестовое задание содержит основу в виде утвердительного предложения, вопроса или небольшого текста, которая представлена таким образом, что содержит конкретную частную задачу, требующую поиска решения, и, как правило, подсказывает направление поиска.

В настоящее время в отечественной системе обучения применяют следующие виды тестов [1, 2]:

1. относимые к разряду созданных преподавателем («teacher-made»);

2. ориентированные на статистические нормы выполнения («norm-referenced»);

3. ориентированные на критерии достижения учебных целей – критериально-ориентированные («criterion-referenced»).

Тест, относимый к разряду созданных преподавателем, – это набор тестовидных заданий, предполагающих выбор испытуемым одного ответа на вопрос из четырех-пяти предъявленных («элективные задания»); либо из двух, один из которых является неверным или частично-верным («альтернативные задания»), либо из всего существующего, но не перечисленного множества потенциальных ответов (тесты с пропуском букв, слов, знаков препинания и т. п.); задания на дополнение незаконченных фраз, предложений и т.п.; задания тестового содержания, предусматривающие самостоятельное формулирование кратких ответов, вопросов и т. п.).

От нормально- и критериально-ориентированных тестов их отличает отсутствие предварительных процедур определения качества измерения, чрезмерное упрощение порядка обработки данных, не всегда планомерная интерпретация получаемой информации. Также им свойственны и значительные преимущества перед обычными контрольными работами: использование в заданиях печатной основы сокращает время испытаний, позволяя охватить большой объем материала, а четкая регламентация оценочной деятельности и диагностичность содержания способствуют однозначности интерпретации результатов.

2. Методика разработки тестирующей и контролирующей программы с использованием Microsoft Excel

На территории военных образовательных учреждений, воинских частей и других режимных заведений в целях предотвращения утечки информации ограниченного распространения нет возможности подключения к сети Internet. Кроме того, все используемое программное обеспечение должно быть сертифицированным и лицензированным. MS Excel входит в состав лицензионного MS Office, использование которого допускается на территории указанных объектов.

Исходя из этого, целью работы явилась автоматизация контроля знаний обучаемых с использованием средств MS Excel на примере изучения дисциплины «Динамическая метеорология».

На первом этапе создания тестирующей и контролирующей программы по дисциплине «Динамическая метеорология» с использованием средств MS Excel была создана книга Excel, в которую вошли следующие листы: «Выбор», «Результаты», «Тема № 1», «Тема № 2», «Тема № 3», «Тема № 4», «Тема № 5», «Данные».

На листе «Выбор» размещена титульная страница тестирующей программы, которая выполнена в форме гиперссылок на соответствующие темы дисциплины «Динамическая метеорология», как показано на рис. 1.

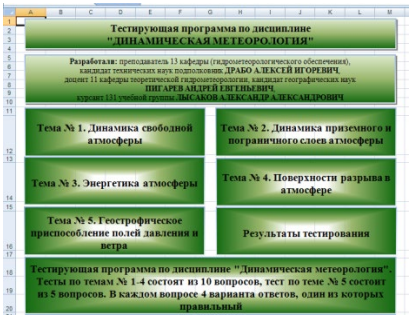


Рис. 1. Титульная страница тестирующей программы

На следующем шаге разработки тестирующей программы на лист «Данные» были введены списки обучающихся соответствующих учебных групп с целью возможности выбора конкретного обучающегося при проведении тестирования в процессе практического занятия, что показано на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**.

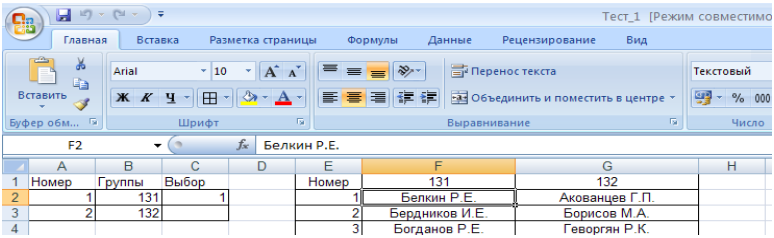


Рис. 2. Списки учебных групп на листе «Данные»

Затем с использованием панели инструментов «Разработчик» на листе «Тема № 1» было создано окно регистрации, как на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**.

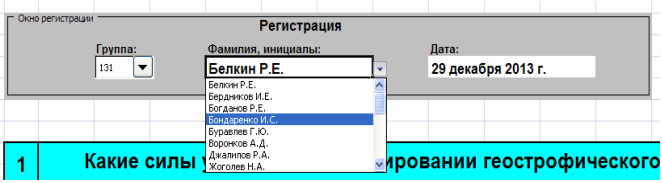


Рис. 3. Выбор обучающегося в указанной учебной группе

Сформированные тесты в формате .docx по темам № 1-5 были введены в редактор MS Excel таким образом, что каждый из тестов

находится на своем листе Excel. При оформлении вопросов теста были использованы объединение ячеек, а также цвета и заливки, приведенные на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**.

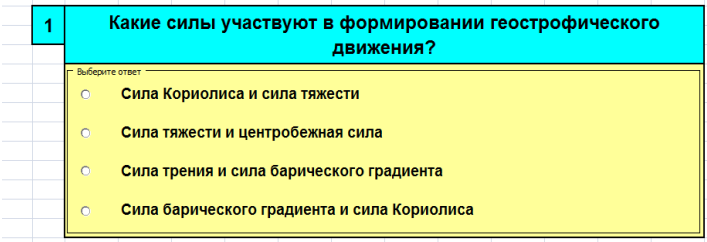


Рис. 4. Оформление вопросов теста в редакторе MS Excel

Для выставления оценки за решенный тест использована система начисления баллов, приведенная в таблице.

Таблица

Перевод количества правильных ответов в баллы

Количество правильных ответов	**Баллы**
0-4	2
5-6	3
7-8	4
9-10	5

Для автоматизации работы тестирующей программы был создан ряд кнопок с использованием команды «Разработчик – Вставить – Элементы управления формы – Кнопка». Каждой из кнопок соответствует макрос, представляющий собой макрокоманду или набор макрокоманд, используемых для автоматического выполнения некоторых операций. Запись макросов осуществлялась на языке программирования Visual Basic для приложений [3, 4].

В разработанной тестирующей программе созданы следующие кнопки:

1. «Выбор теста» – на листе «Результаты»;
2. «Очистить протокол» – на листе «Результаты»;
3. «Очистить всё» – на листе «Результаты»;
4. «Проверить» – на листах с тестами;
5. «Очистить результаты» – на листах с тестами.

Заключение

Таким образом, при создании программы были использованы различные встроенные функции и модули MS Excel без привлечения дополнительного программного обеспечения. Объем файла с программой составляет всего 292 КБ. При его использовании необходим только стандартный пакет MS Office, который имеется в распоряжении любого пользователя. Разработанная программа проста в использовании, кроме того, нет необходимости подключения к сети Internet. Программа зарегистрирована в реестре программ ВУНЦ ВВС «ВВА».

Список литературы

1. Беспалько, В. П. Образование и обучение с участием компьютеров. Педагогика третьего тысячелетия / В. П. Беспалько. – М. : МПСИ, 2008. – 352 с.

2. Аверьянов, Л. Я. Интернет как форма дистанционного обучения / Л. Я. Аверьянов, А. В. Рунов // Информационные технологии. – 2009. – №. 4. – С. 25-30.

3. Васильев, А. Н. Excel 2010 на примерах / А. Н. Васильев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 432 с.

4. Зарбер, Г. З. Основы программирования на Visual Basic и VBA в Excel / Г. З. Зарбер. – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 192 с.

Алгоритм тестирования гиперссылок на страницах веб-сайта

Т. В. Землянухина, email: z-tv@rambler.ru
А. А. Вахтин, email: alvahtin@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается описание алгоритма тестирования работоспособности гиперссылок на страницах веб-сайта с помощью набора программных библиотек Selenium WebDriver , а также приводится пример применения данного алгоритма, который доказывает быстроту решения и экономию времени разработчиков веб-сайта при использовании автоматического теста.*

Ключевые слова: *тестирование веб-сайта, гиперссылки веб-страниц, автоматический тест, Selenium WebDriver, язык программирования C#.*

Введение

На сегодняшний день разработка веб-сайтов является актуальной темой. Разработка представляет собой трудоёмкий процесс. Разработчики решают множество вопросов, наиболее важным из которых, является вопрос обеспечения качества веб-сайтов, требования к которым заключаются в том, что они должны выдавать те страницы, которые ожидает увидеть пользователь.

С процессом разработки тесно связан процесс тестирования. Непосредственное тестирование веб-сайта человеком, которое заключается, фактически, в переходе по различным ссылкам внутри веб-сайта и анализа отображаемых страниц, отнимает много времени и в случае больших веб-сайтов, содержащих большое количество веб-страниц, малоэффективно. Для ускорения процесса тестирования применяются автоматические тесты.

Чтобы говорить непосредственно об алгоритме тестирования гиперссылок, необходимо понять, что они из себя представляют. Ссылки представляют собой записи, которые находятся в документе. Ссылки могут указывать на конкретную часть этого документа или на другой документ. HTML-документ, или веб-страница, является частным случаем документа[1].

Ссылки на веб-страницах называют гиперссылками. Таким образом подчеркивается тот факт, что такие ссылки являются частью

© Землянухина Т. В., Вахтин А. А., 2020

гипертекстового документа, а не просто документа. Гиперссылка на странице сайта может ссылаться на другую часть той же страницы, на другую страницу того же сайта, на другой сайт, на расположенный в Интернете файл, а также на какую-либо команду.

Существует целая классификация ссылок. Ссылки бывают:

- Текстовые и гипертекстовые;
- Активные и пассивные;
- Внешние и внутренние;
- Прямые и обратные;
- Вечные и временные и т.д.

В данной статье мы рассмотрим тестирование таких видов ссылок, как действительные и недействительные. Чтобы лучше понять их функциональность следует обратиться к определениям для каждого вида ссылок.

Действительная ссылка представляет собой такую ссылку, которая переправляет при нажатии на нее в то место, которое заявлено названием ссылки или требованием к этой ссылке[1].

Недействительная ссылка является такой ссылкой, при нажатии на которую происходит переход на несуществующий или отсутствующий объект. Переход будет осуществлен «вникуда»[1].

Оба вида, действительных и недействительных ссылок, являются активными ссылками. Это означает, что такие ссылки выделены, и на них можно нажать клавишей мыши.

2. Описание инструментов для проведения тестирования

Для разработки автоматических тестов использовалась среда разработки Microsoft Visual Studio. Код автоматических тестов написан на языке программирования C#.

Важную роль в разработке тестов сыграл набор программных библиотек Selenium WebDriver. Он позволяет разрабатывать программы, управляющие поведением браузера[2]. Эти библиотеки используются для отправки HTTP запросов драйверу, с помощью протокола JsonWireProtocol, в которых указано действие, которое должен совершить браузер в рамках текущей сессии. Примерами таких команд могут быть команды нахождения элементов по локатору, переход по ссылкам, парсинг текста страницы/элемента, нажатие кнопок или переход по ссылкам на странице веб-сайта[2].

При написании автоматического теста был реализован подход PageObjects[3]. Данный подход заключается в том, чтобы вынести весь код низкоуровневой работы со страницей (например, набор текста и нажатия мышкой по элементам) в отдельные классы. Так тесты не работают со страницей напрямую, вызывая низкоуровневые методы

WebDriver, а используют более высокоуровневые операции, специфичные для каждой страницы. Это позволяет сократить количество строк кода в тестах, тем самым делая код более читабельным, понятным и надёжным. PageObject-класс позволяет удобно организовать код работы с веб-страницей[3].

3. Описание алгоритма тестирования гиперссылок на страницах веб-сайта

В начале тестирования необходимо удостовериться, что на веб-сайте, который следует протестировать, есть гиперссылки, перемещающие по этому сайту, так называемые внутренние ссылки, а также гиперссылки, которые перемещают на сторонние сайты, так называемые внешние ссылки. Записываются такие ссылки в разные списки. Это делается для облегчения работы разработчиков, поскольку предпринимаются различные действия в устранении ошибок, связанных с тестируемым сайтом и внешними ресурсами. Так, например, ошибка в перемещении по внутренним ресурсам сайта говорит о необходимости исправлении разработки сайта, а ошибка в перемещении на внешние ресурсы, о возможных неисправностях с ресурсами, которые разработчики не в силах исправить.

Основной тест состоит из двух методов. Первый метод позволяет веб-драйверу, открывшему браузер, перейти на главную страницу тестируемого веб-сайта. Находясь на главной странице, происходит считывание всех гиперссылок, которые расположены на данной веб-странице. Таким образом, образуется первоначальный список гиперссылок, назовем его ListLinksInfo.

В данный список для конкретной гиперссылки добавляется следующая информация: сама ссылка (Link), текст ссылки (Text), а также местоположение ссылки, которая определяется ссылкой той страницы, с которой была взята интересующая нас ссылка (Location).

Используя список гиперссылок ListLinksInfo, осуществляется переход на первую из гиперссылок. Напомним, что гиперссылка, по которой мы переходим, может быть действительной или недействительной. Исходя из этого, предполагаем два пути развития событий.

Переход на несуществующую ссылку или на ссылку, безосновательно переходящую на ту же страницу, с которой была взята, является основанием для добавления такой гиперссылки в список недействительных ссылок, или исключений, назовем его ExceptionInfo.

При переходе на работающую ссылку, не вызывающую ошибку проводятся следующие действия. С помощью условия проверяется тот факт, является ли ссылка внешней или внутренней. Разница заключается

в том, что с внешней ссылки не происходит дальнейшего считывания ссылок, в то время как с внутренней ссылки происходит считывание и запись в список гиперссылок ListLinksInfo. Прежде чем записать новую ссылку с ListLinkInfo, следует проверить, содержит ли наш список данную ссылку. Таким образом, повторяющиеся ссылки, которые зачастую располагаются в верхней части каждой веб-страницы сайта, еще раз не попадают в список.

Основным принципом данного теста является считывание уникальных гиперссылок со всех веб-страниц сайта в список и дальнейшая проверка записанных гиперссылок на предмет работоспособности ссылки. До определенного момента список уникальных ссылок растет, после чего прекращается дописывание новых ссылок и осуществляется лишь проверка ссылок до конца списка. Тест считается законченным в тот момент, когда последняя ссылка в списке гиперссылок ListLinksInfo проверена и при переходе на последнюю ссылку не произошло дописывание уникальных ссылок в список.

В результате выполнения автоматического теста с использованием описанного алгоритма, тестировщик получает текстовый файл, в котором хранится информация о гиперссылках-исключениях, или ссылках, вызвавших ошибку, из списка ExceptionInfo. Данных текстовый файл содержит все необходимые данные для того, чтобы найти недействительную ссылку в том месте, где она была обнаружена, и выяснить причину неполадки.

Заключение

Применить алгоритм тестирования гиперссылок, описанный в данной работе, можно для любого веб-сайта. Нами было проведено тестирование сайта воронежского ЭКО центра: https://eco-c.ru/.

Целью запуска автоматического теста для данного сайта является желание помочь разработчикам сайта сэкономить время, которое было бы потрачено при поиске недействительных ссылок вручную. Выполнение полного теста (без остановок) проходило в течение 20 минут. В процессе выполнения автоматического теста на сайте было найдено 2165 уникальных ссылок. В это количество входят как ссылки на внутренние ресурсы, так и на внешние ресурсы.

В результате выполнения теста был получен текстовый файл. В нем отразилась информация о 83 недействительных ссылках.

Таким образом, данный автоматический тест выявил, что на тестируемом сайте 4% ссылок от числа уникальных ссылок со всего сайта оказалось недействительными или не выполняющими требования.

Описанный в данной работе автоматический тест решил сразу две очевидные проблемы:

– Повышение эффективности проверки и исключение ошибок, связанных с человеческим фактором, при которых человек, тестируя вручную, по невнимательности мог допустить ошибку;

– Уменьшение затраченного времени при проверке в отличие от проверки вручную, которая могла занять от одного дня до недели.

В заключение можно сделать вывод, что применение алгоритма тестирования гиперссылок, описанного в данной работе, позволило быстро обнаружить неисправные места сайта и сосредоточиться не на их поиске, а на решении проблемы.

Список литературы

1. Singh, G. Selenium Broken Links Automation Testing/ G. Singh, H. Kaur //International Journals of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. – July, 2017. – C.53-56.

2. Ramya, P. Testing using selenium web driver / V. Sindhura, P. V. Sagar // Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT). – IEEE, 2017. – C. 1-7.

3. Jovanovich, Irena. Software Testing Methods and Techniques. – IM Jovanovic is with the Inzenjering. – May 26, 2008. – C.30-41.

Межверсионное тестирование и анализ производительности клиент-серверного продукта

А. В. Иванов, email: alex6524i@gmail.com [1]
П. С. Лысачев, email: lps@cs.vsu.ru [2]
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com[3]

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена задача автоматического сравнения производительности методов веб-приложения между текущей и предыдущими версиями продукта. Предложено решение, позволяющее тестировщику задавать допустимые уровни изменения производительности от версии к версии и при превышении этих уровней создавать инцидент для последующего анализа ситуации командой разработчиков.*

Ключевые слова: *тестирование программного обеспечение, системы класса клиент-сервер, межверсионное тестирование, тестирование производительности ПО.*

Введение

В настоящее время известно большое количество видов тестирования программного обеспечения. Каждый из этих видов позволяет выявить те или иные ошибки в программном продукте [1]. Одним из наиболее важных классов ошибок являются несоответствия нефункциональных требований по производительности продукта. Как правило, такие требования формулируются в техническом задании как «система должна дать ответ на запрос пользователя не позже, чем за X миллисекунд», где X обычно варьируется от 100 до 1000 [2].

Под рассматриваемой системой будем понимать программный продукт, состоящий из:

- клиентского приложения;
- сервера приложений, публикующего программный интерфейс (API) для взаимодействия с клиентом и содержащим всю бизнес-логику системы;
- базы (или баз) данных.

Следует отметить, что валидация этих требований в момент разработки подобной системы возможна лишь частично и с большим количеством оговорок. Это связано со следующими факторами:

© Иванов А. В., Лысачев П. С., Матвеева М. В., 2020

– на тестовом окружении (testenvironment), где развернута система, оборудование и каналы связи отличаются от рабочей среды (productionenvironment);
– на тестовом окружении падение производительности одного запроса на 100-200 мс тестировщик может счесть незначительным и не требующим исследования и исправления перед релизом;
– базы данных рабочей среды содержит полный набор данных, в отличие от тестовой рабочей среды, которая имеет, как правило, другой объем данных (не обязательно меньший, но связи между сущностями могут присутствовать в другом количестве, файлы журналов транзакций могут отличаться по размеру и т.д.);
– рабочая среда подвержена постоянной нагрузке, которая циклична и имеет пики, что достаточно сложно симулировать в тестовом окружении.

В результате возникают ситуации, когда протестированный продукт, будучи размещен в рабочую среду показывает значительное падение производительности на некоторых областях функциональности.

1. Основные задачи

Для решения описанных проблем предлагается разработка программного решения, названного API-индикатор, позволяющего:
– сохранять статистику производительности API;
– проводить сравнение производительности каждого метода в текущей (развернутой в данный момент) версии с предыдущей версией (версиями);
– визуализировать состояние API;
– гибко настраивать границы превышения времени выполнения запросов с целью изменения вида индикатора;
– предоставлять возможности для быстрой регистрации дефектов.

2. Архитектура

Архитектурно API-индикатор состоит из четырех частей (рис. 1):
– база данных для хранения информации о пользователях, продукте, версиях, методах API и статистике выполнения запросов;
– API для конфигурации индикатора, сохранения статистики и получения цвета индикатора;
– графического модуля индикатора;
– модуля-перехватчика, необходимого для получения информации о времени выполнения каждого запроса тестируемого продукта.

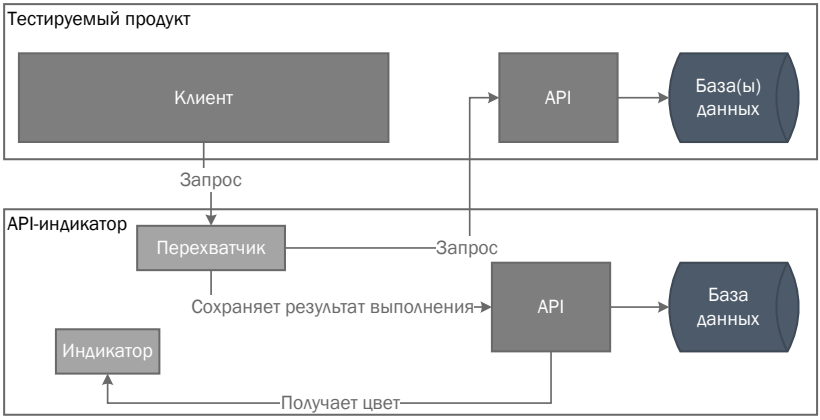


Рис. 1. Схема работы API-индикатора

3. Использование индикатора

Использование API-индикатора заключается в размещении специального модуля внутри тестируемого продукта. Это делает возможным визуальный контроль тестировщиком времени выполнения методов на текущей странице (экране) приложения по сравнению со временем выполнения методов в предыдущей версии. Индикатор выглядит как круг с цветом, сигнализирующим его состояние. Серый цвет индикатора означает, что данные не накоплены или не определены пороги для метода(ов). Если в базе имеются данные по методам с предыдущих версий, то, в зависимости от скорости работы, API-индикатор принимает различные цвета: зеленый, желтый, красный и т. д.

При нажатии на индикатор тестировщик может включить или выключить накопление статистики (рис. 2). По нажатию на ссылку details пользователь может увидеть детали работы индикатора, а если пользователь обладает правами администратора, то и настроить поведение индикатора.

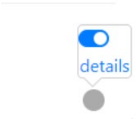


Рис. 2. Меню при нажатии левой кнопкой мыши на индикатор

Для использования API-индикатора, в тестируемом проекте необходимо создать и поместить в корневой каталог приложения следующие файлы:

- indicator.js – основной js-файл, в котором организуется отслеживание исходящих http-запросов и получение ответов. Также отрисовывается визуальная часть индикатор, встраиваемая в тестируемое приложение.
- indicatorProjectInfo.json – настройки, определяющие текущий проект и его версию. Название проекта и версии должны быть указаны аналогично тому, как они заданы в базе данных API-индикатора.
- indicatorSettings.json – настройки, определяющие место развертывания серверной части API-индикатора (имя сервера и номер порта).
- jiraSettings.json – настройки, определяющие интеграцию с Jira:url, название проекта, префикс наименования создающегося инцидента, а также константы, которые для каждого проекта Jira могут разниться: приоритет создающейся задачи, ее тип, а также корректное обозначение статусов в прогрессе.

Помимо этого, на мастер-страницу (например, _Layout.cshtml) необходимо поместить элемент div с идентификатором “indicator”, в котором будет встраиваться визуальная часть индикатора.

Для проверки работы индикатора на рабочем проекте за основу выбран MrCMS, open-source CMS фреймворк [3]. Были развернуты несколько его версий (0.4, 0.5, 0.5.1.3, 0.6, 2.0), в каждую из которых внедрен API-индикатор, и в течение определенного времени на каждой из них производились некоторые операции (в случае CMS – создание, редактирование и удаление страниц сайта, добавление шаблонов, полей форм, определенного контента и прочее).

В результате этого была собрана статистика отправки http-запросов и получения ответов на них (рис. 3).

Пользователь может выбрать метод, чтобы самостоятельно проанализировать его поведение от версии к версии (рис. 4).

Методы регистрируются индикатором автоматически. Администратор имеет возможность указать, какой сегмент URL метода является варьируемым, например, /Admin/Versions/Show/3, очевидно, должен присутствовать в базе как /Admin/Versions/Show/{int}.

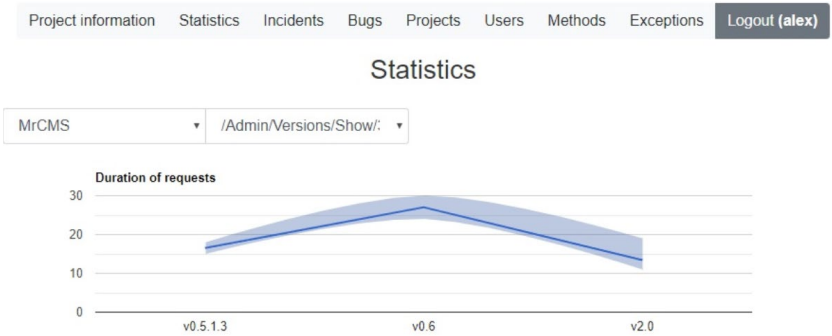


Рис. 3. Сравнение статистики времени выполнения метода по трем версиям

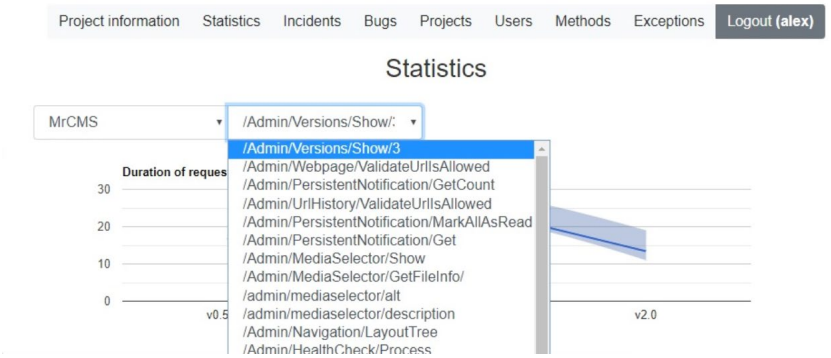


Рис. 4. Выбор метода для анализа статистики

Настройка порогов превышения позволяет задать правила, по которым индикатор принимает тот или иной цвет (рис. 5). Пользователь может сконфигурировать до восьми цветов.

При возникновении инцидента (превышении порога допустимого времени выполнения) тестировщик может зарегистрировать инцидент в JIRA или создать исключение, чтобы в дальнейшем индикатор не считал такое поведение данного метода ошибочным (рис. 6).

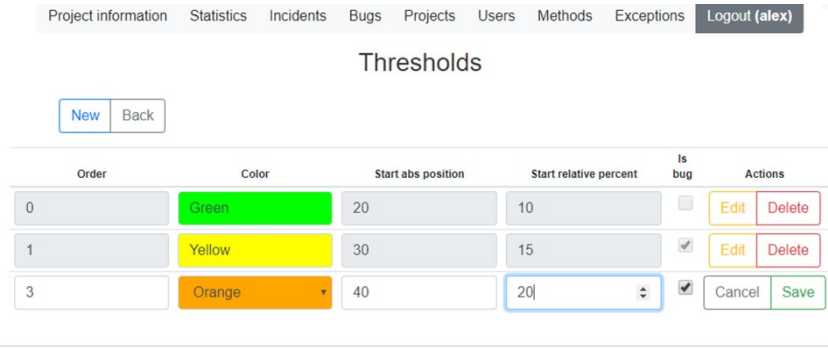


Рис. 5. Редактирование порогов индикатора

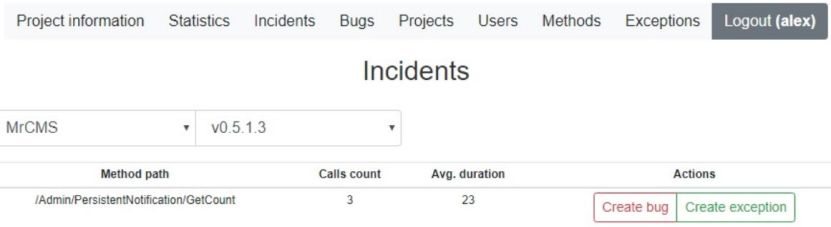


Рис. 6. Реагирование на выход времени выполнения за установленные пороги

Заключение

В заключение следует отметить, что на данный момент API-индикатор реализован для программных продуктов с веб-клиентом и в дальнейшем имеет смысл реализовать модули перехватчики для популярных мобильных платформ.

Список литературы

1. Дастин, Эд. Автоматизированное тестирование программного обеспечения : Внедрение, управление и эксплуатация / Д. Дастин, Д. Рэшка, Д. Пол – М. : ЛОРИ, 2003. – 567 с.

2. Стотлемайер, Д. Тестирование WEB-приложений : Средства и методы для автоматизированного и ручного тестирования программного обеспечения Web-сайтов / Д. Стотлемайер. – М. : Кудиц-Образ, 2003. – 237 с.

3. Репозиторий проекта MrCMS: github.com: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://github.com/MrCMS/MrCMS

Исследование расширенной модели рассуждений в продукционной логике нулевого порядка

И. Ю. Иванов, email: hour1scorp@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В настоящем докладе предлагается подход к решению проблемы уменьшения числа запросов ко внешним источникам информации при обратном логическом выводе в продукционно-логических системах, использующих в своих правилах конъюнкции и дизъюнкции. Данный подход основывается на представлении множества правил и их заключений с помощью дополнительного отношения на дистрибутивной решетке (результирующая алгебраическая система представляет собой так называемую LP-структуру). Процесс обратного логического вывода моделируется как решение продукционно-логического уравнения в LP-структуре. Рассматривается вопрос изоморфного преобразования указанной алгебраической модели с целью ее упрощения.*

Ключевые слова: *продукционная система, обратный логический вывод, математическая решетка, алгебраическая система.*

Введение

Модели рассуждений играют важную роль в области искусственного интеллекта. Одна из таких моделей представлена продукционно-логическими системами, широко распространенными в информатике. Эти системы основываются на правилах, или продукциях, вида «если истинно A, то истинно B», где A, B – элементы логики заданного порядка. В настоящей работе рассматривается пропозициональная логика, поэтому A, B – элементарные факты или выражения над элементарными фактами, построенные с помощью операций пропозициональной логики.

Как известно [1], одна из естественных форм представления знаний основывается на алгебраической логике. Ввиду ее универсального характера данный подход оказывается недостаточно эффективными в ряде частных случаев, в том числе при рассмотрении продукционных систем [2]. Теория LP-структур, систематически изложенная в монографии [3], предоставляет новую теоретическую основу исследования формальных систем продукционного типа и открывает широкие возможности по решению вопросов повышения

© Иванов И. Ю., 2020

эффективности таких систем, включая вопросы, связанные с ускорением обратного логического вывода в экспертных продукционных системах [4].

В общем случае LP-структура представляет собой математическую решетку $\mathbb{F}$ [5], на которой задано дополнительное бинарное отношение R (наряду с определяющим решетку частичным порядком). Это отношение можно интерпретировать как множество правил экспертной продукционной системы, а соответствующее ему логическое замыкание R^L – как множество всех логических связей, порождаемых R. Задача обратного логического вывода в такой модели может быть представлена как решение продукционно-логического уравнения вида $R^L(x) = b$ [6], где $b \in \mathbb{F}$ – заданный элемент, отражающий выдвинутую при обратном логическом выводе гипотезу, x – искомый в $\mathbb{F}$ элемент, подтверждающий выдвинутую гипотезу. Вид решетки $\mathbb{F}$, а также определение решения x указанного уравнения уточняются в конкретном случае в зависимости от предметной области и решаемой задачи.

Случай, когда $\mathbb{F}$ – атомно-порожденная решетка, был исследован [3] и успешно апробирован [7–9] в рамках решения задачи ускорения обратного логического вывода в плане уменьшения количества запросов к внешним источникам информации. Однако данное исследование ограничено классом продукционных систем, оперирующих единственной логической связкой – конъюнкцией. Идея распространения описанного подхода для решения аналогичной задачи на случай булевой решетки, с целью повышения эффективности продукционных систем с полным набором логических связок пропозиционального языка (конъюнкцией, дизъюнкцией и отрицанием) была представлена в работе [10]. Позднее она была развита и исследована в работах [11–12].

Однако возникающие на булевой решетке алгоритмы зачастую имеют экспоненциальную сложность, что, впрочем, отражает общие свойства базовых алгоритмов пропозициональной логики. В этой связи для практической апробации полученных результатов было принято решение сузить круг моделируемых продукционных систем до использующих две логические связки – конъюнкцию и дизъюнкцию, что привело к модификации модели на случай, когда $\mathbb{F}$ – дистрибутивная решетка.

В настоящей работе предлагается подход для сведения задачи решения продукционно-логического уравнения на дистрибутивной решетке к задаче решения уравнения на более простой – атомно-

порожденной решетке. Применение такого подхода оказывается возможным на основании полученных новых теоретических результатов, приводимых далее.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

1. Логическое отношение на дистрибутивной решетке и порядок применения правил вывода

Пусть $\mathbb{F}$ – конечная дистрибутивная решетка, R – бинарное отношение на $\mathbb{F}$.

Пара элементов $(a,b) \in \mathbb{F} \times \mathbb{F}$ называется логически связанной отношением R (обозначается $a \xrightarrow{R} b$), если выполнено одно из следующих условий:

$(a,b) \in R$; (1)

$a \le b$; (2)

существуют такие $b_1, b_2 \in \mathbb{F}$, что $b_1 \wedge b_2 = b$ и $a \xrightarrow{R} b_1$, $a \xrightarrow{R} b_2$; (3)

существуют такие $a_1, a_2 \in \mathbb{F}$, что $a_1 \vee a_2 = a$ и $a_1 \xrightarrow{R} b$, $a_2 \xrightarrow{R} b$; (4)

существует такой $c \in \mathbb{F}$, что $a \xrightarrow{R} c$, $c \xrightarrow{R} b$. (5)

Правила (3), (4) имеют многоместные эквивалентные аналоги:

существуют такие $a_i, b_i \in \mathbb{F}$, $i = 1,...,n$, что $\wedge_{i=1}^{n} a_i = a$, $\wedge_{i=1}^{n} b_i = b$ и $a_i \xrightarrow{R} b_i$, $i = 1,...,n$; (3')

существуют такие $a_i, b_i \in \mathbb{F}$, $i = 1,...,n$, что $\vee_{i=1}^{n} a_i = a$, $\vee_{i=1}^{n} b_i = b$ и $a_i \xrightarrow{R} b_i$, $i = 1,...,n$; (4')

Справедливы следующие леммы относительно порядка применения правила (4').

Лемма 1. При выводе любой логической связи все применения $\vee$-дистрибутивного правила (4') могут быть произведены без участия следующих правил: правила 2) со строгим неравенством, $\wedge$-дистрибутивного правила (3'), транзитивного правила (5).

Лемма 2. При выводе любой логической связи участие правила 2) во всех применениях $\vee$-дистрибутивного правила (4') может быть сведено к применению относительно равенства между конеразложимыми элементами [13].

2. Переход к атомно-порожденной решетке

Обозначим $\mathbb{D}$ – множество конеразложимых элементов решетки $\mathbb{F}$. Заметим, что $\mathbb{D}$ образует верхнюю полурешетку [5]. Введем нижнюю полурешетку $\mathbb{K}$ как замыкание множества $\mathbb{D}$ относительно операции пересечения.

Рассмотрим атомно-порожденную решетку $\mathbb{H}$, построенную по правилам:

1) если $d \in \mathbb{D}$, то $\{d\} \in \mathbb{H}$;

2) если $A, B \in \mathbb{H}$, то $A \cup B \in \mathbb{H}$.

Нетрудно показать, что решетка $\mathbb{H}$ (как верхняя полурешетка) изоморфна полурешетке $\mathbb{K}$. Данный изоморфизм устанавливается отображением $\phi : \mathbb{K} \to \mathbb{H}$, действующим по правилу: $\phi(x) = \{d_1\} \cup ... \cup \{d_k\}$, где $d_i \in \mathbb{D}$, $i = 1,...,k$ – элементы $\wedge$-несократимого представления x в виде пересечения конеразложимых элементов [5].

Пара $(A, B) \in \mathbb{H} \times \mathbb{H}$ называется логически связанной некоторым отношением S на $\mathbb{H}$ (этот факт записывается как $A \xrightarrow{S} B$), если существует логическая цепочка $\overrightarrow{r_{AB}}$, соединяющая A и B [3]. Рассмотрим в качестве отношения S множество $\{(\phi(a), \phi(b)) \mid (a,b) \in R\}$.

На основании лемм 1 и 2 может быть доказана следующая теорема.

Теорема 1. Отображение $\psi : (\xrightarrow{R}) \to (\xrightarrow{S})$, действующее по правилу $\psi(a,b) = (\phi(a), \phi(b))$, устанавливает биекцию логического замыкания R в логическое замыкание S.

Приведенная теорема в практическом смысле означает, что исследование всякой логической связи на дистрибутивной решетке $\mathbb{F}$ можно свести к исследованию логической связи на атомно-порожденной решетке $\mathbb{H}$. Отсюда в свою очередь следует, что для повышения эффективности продукционных систем с расширенным набором логических связок можно применять методы, описанные в упомянутых выше работах, посвященных LP-структурам на атомно-порожденной решетке.

Заключение

Рассмотрен порядок применения правил формирования логических связей в LP-структуре на дистрибутивной решетке – расширенной модели рассуждений в продукционной логике нулевого порядка. На основании полученных результатов может быть доказана теорема, с

помощью которой исследование логических связей на дистрибутивной решетке сводится к исследованию логических связей на атомно-порожденной решетке, имеющей более простую структуру. Практическая значимость проведенного исследования заключается в том, что вопросы эффективности обратного логического вывода в продукционных системах с расширенным набором логических связок, конъюнкция и дизъюнкция, могут быть решены методами, предложенными ранее для случая одной логической связки – конъюнкции.

Список литературы

1. Расёва, Е. Математика метаматематики: пер. с англ. / Е. Расёва, Р. Сикорски. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1972. – 591 с.
2. Попов, Э. В. Экспертные системы: решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. / Э. В. Попов. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 288 с.
3. Махортов, С. Д. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP-структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа / под ред. В. А. Васенина. – М. : МЦНМО, 2009. – 304 с.
4. Люгер, Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: пер. с англ. / Дж. Ф. Люгер. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
5. Биркгоф Г. Теория решёток: пер. с англ. / Г. Биркгоф. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. – 568 с.
6. Махортов, С. Д. Логические уравнения на решетках / С. Д. Махортов // Вестник ВГУ. Серия Физика, математика. – Воронеж. – 2004, № 2. – С. 170-178.
7. Махортов, С. Д. Интегрированная среда логического программирования LPExpert / С. Д. Махортов // Информационные технологии. – 2009. – № 12. – С. 65-66.
8. Махортов, С. Д. Релевантный обратный вывод и верификация логических программ на основе решения уравнений в LP-структурах / С. Д. Махортов // Методы и средства обработки информации: Третья Всероссийская научная конференция. Москва, 6–8 октября 2009 г.: Труды конференции / Под ред. Л. Н. Королева. – М. : ВМиК МГУ, 2009. – С. 143-148.
9. Болотова, С. Ю. Реализация многопоточности в релевантном LP-выводе / С. Ю. Болотова // Программная инженерия. – 2014, № 1. – С. 12-18.
10. Махортов, С. Д. Об алгебраической интерпретации продукционной логики нулевого порядка / С. Д. Махортов // Вестник

ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2007. – № 1. – С. 56-63.

11. Иванов, И. Ю. Продукционно-логические уравнения на булевых решетках / И. Ю. Иванов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Физика. Математика. – Воронеж, 2013. – № 1. – С. 170-177.

12. Иванов, И. Ю. Расширенная модель LP-вывода на булевой решётке / И. Ю. Иванов // Программная инженерия. – Москва, 2016. – № 6. С. 252–257.

13. Гретцер, Г. Общая теория решёток: пер. с англ. / Г. Гретцер. Под ред. Д. М. Смирнова. – М.: Мир, 1981. – 456 с.

Разработка клиент-серверной системы массового пользования, реализующей работу аудиобиблиотеки

А. А. Капранчикова, email: kapranchikova_al@mail.ru
К. А. Бессонов, email: kibessonov@mail.ru
А. С. Клевцова, email: alexandra.klevtsova59@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *Разработана клиент-серверная система массового пользования, реализующая аудиобиблиотеку с возможностью работы в качестве правообладателя или слушателя на базе социальной сети «ВКонтакте».*

Ключевые слова: *Клиент-серверное приложение, Вконтакте, аудиобиблиотека, оплата, VK Pay.*

Введение

В современном мире темп жизни человека растет с каждым днем. Сегодня у человека всегда под рукой есть гаджет с возможностью выхода в интернет, что открывает доступ к невероятному объему информации, из которой человек может выбрать необходимую в пару кликов. Телефоны, компьютеры и ноутбуки заменили человеку печатные издания: учебники и книги.

Очевидно, человек не может полностью отказаться от прочтения книг, но, порой, ему может не хватать времени или возможности погрузиться в чтение в течение дня. Брать громоздкую книгу с собой не всегда бывает удобно, не говоря о том, чтобы читать ее. Постепенно человек отказался от бумажных книг и перешел на цифровой формат. Сегодня все чаще можно заметить людей, читающих с экрана электронной книги или телефона. Чтение книги с маленького экрана смартфона по дороге на работу или в очереди в государственные учреждения может пагубно сказываться на здоровье человека из-за плохого освещения или тряски, например, при езде по неровной дороге. По тем или иным причинам следующей формой книги, которая стала актуальной, стала аудио дорожка.

Поскольку эра аудиокниг только начинается, еще есть возможность разработать приложение для доступа к книгам, которое будет выгодно отличаться на фоне еще немногочисленных аналогов. Поскольку файлы книг принадлежат правообладателям и являются источником их заработка, невозможно разработать приложение, абстрагированное

© Капранчикова А. А., Бессонов К. А., Клевцова А. С., 2020

от коммерческой сферы. Таким образом, задачами является реализация двух клиентских частей приложения: для пользователей-слушателей (далее пользователей) и пользователей-правообладателей (далее правообладателей), серверной части, на которой будет осуществляться работа всей бизнес-логики приложения, создание сервера-хранилища для файлов книг, а также создание базы данных для хранения сущностей приложения и их взаимосвязей и подключение ее к серверной части проекта. Помимо этого, необходимо интегрировать клиентскую часть приложения для пользователей в социальную сеть «Вконтакте», что обеспечит приложению большее число потенциальных пользователей и большое число заинтересованных правообладателей аудио версий книг, готовых разместить свои файлы. Необходимо обеспечить приложение интуитивно понятным и простым интерфейсом, большой степенью безопасности хранения файлов книг и данных пользователей, стабильность и быстродействие работы приложения. Необходимо изучить спектр современных технологий и выбрать наиболее подходящие для реализации каждой части приложения.

1. Анализ приложения

Было решено создать мобильное приложение для прослушивания аудиокниг на базе социальной сети «ВКонтакте»

У сервиса будет два типа пользователей:

1. Правообладатель. Назначается администратором или модератором. Пользователь, прошедший процесс регистрации через веб-интерфейс в качестве правообладателя. После подтверждения статуса Администратором, получает доступ к веб-интерфейсу правообладателя. Видит в том числе раздел «Бухгалтерия», то есть знает все показатели по заработку. Под своим логином и паролем может получать доступ к интерфейсу мобильного приложения.

2. Слушатель. Авторизуется на сервисе только через мобильный интерфейс. Авторизация возможна либо через ВКонтакте, нажав соответствующую кнопку, либо через номер мобильного телефона.

Для добавления аудиокниг и мониторинга статистики прослушивания должен быть создан веб-интерфейс, которым будут пользоваться Правообладатели.

2. Реализация

В рамках данной работы были разработаны две клиентские части, для веб-приложения и мобильного приложения, серверная часть, предоставляющая набор методов в виде API для клиентской части, а также содержащая в себе бизнес-логику системы и логику взаимодействия с базой данных. Для разработки клиентской части

приложения использовались ресурсы [1], [2]. Для разработки серверной части использовались ресурсы [3], [4].

Все модули приложения были размещены в Docker-контейнерах, после чего приложение было развернуто на удаленном сервере.

Приложение было интегрировано с социальной сетью «ВКонтакте». Для этого в социальной сети был создан сервис. При создании сервиса необходимо указать ссылку на мобильную версию клиентской части. Большая часть взаимодействия с методами API «ВКонтакте» реализована на клиентской стороне приложения.

Наиболее трудоемкими и сложными частями проекта были:

- реализация механизма оплаты через платежную систему «VK Pay»;
- механизм авторизации сразу для двух клиентских частей;
- механизм обработки изображения при загрузке постера книги правообладателем.

3. VK Pay

Разработчиками «ВКонтакте» была предоставлена документация [5], описывающая процесс интеграции с их платежной системой. Для оплаты товара, которым в данном случае является книга или подписка, необходимо сформировать запрос, который в последствии надо передать в метод, предоставляемый API «ВКонтакте». Этот этап работы приложения нужно делать на стороне Service Backend. Иначе приватный ключ продавца может быть скомпрометирован.

Подпись продавца merchant_sign передаётся как поле внутри JSON-объекта data и гарантирует, что платёжное окно было сформировано с ведома продавца, и он готов к получению платежа с указанной суммой и номером заказа. Merchant_sign – это sha1-хэш от конкатенации строк merchant_data и merchant_private_key (приватный ключ продавца — этот ключ Вы получаете после заключения договора с платёжной системой). Merchant_data – base64-строка от JSON-объекта, включающего в себя поля из описанных выше параметров платёжного окна, а именно amount, cashback,currency, order_id и ts. Других параметров в merchant_data быть не должно

Формирование подписи продавца:

- Собираем JSON для merchant_data:
  {"order_id":"1554384451.84747666","cashback":{"pay_time":1554384571,"amount_percent":"30"},"ts":1554384451,"amount":"1","currency":"RUB"}
- Берём от него base64:
  eyJvcmRlcl9pZCI6IjE1NTQzODQ0NTEuODQ3NDc2NjYiLCJjYXNoYmFjayI6eyJwYXlfdGltZSI6MTU1NDM4NDU3MSwiYW1vdW50X3

BlcmNlbnQiOiIzMCJ9LCJ0cyI6MTU1NDM4NDQ1MSwiYW1vdW50IjoiMSIsImN1cnJlbmN5IjoiUlVCIn0=

- Конкатенируем с приватным ключом продавца (merchant private key):
eyJvcmRlcl9pZCI6IjE1NTQzODQ0NTEuODQ3NDc2NjYiLCJjYXNoYmFjayI6eyJwYXlfdGltZSI6MTU1NDM4NDU3MSwiYW1vdW50X3BlcmNlbnQiOiIzMCJ9LCJ0cyI6MTU1NDM4NDQ1MSwiYW1vdW50IjoiMSIsImN1cnJlbmN5IjoiUlVCIn0=627fdbfa24232a5b62f9c295baa93f7db9752873
- Берём от конкатенации sha-1 хэш и получаем merchant_sign:
86ebbd9e89f81e62db6e724707ace59b27fc4756
- Поля merchant_data и merchant_sign передаются внутри объекта data среди параметров платёжного окна.
- Подпись приложения sign передаётся как поле в JSON-объекте params и гарантирует, что параметры платёжной формы не были подменены на стороне клиента.
- sign — это md5-хэш от конкатенации строки с параметрами платёжной формы и секретного ключа приложения «ВКонтакте».

Формирование подписи приложения:

- Собираем строку параметров платёжной формы. Строка параметров представляет собой конкатенацию пар параметр = значение, при этом названия параметров отсортированы в алфавитном порядке (в том числе названия полей внутри JSON-объекта data (canonical json), как и в параметрах платёжного окна). Обратите внимание — параметр action нужно исключить из этой строки. Строковые значения передаются без кавычек. Если data содержит поле cashback, поля внутри этого объекета тоже должны быть отсортированы.
amount=1.5data={"currency":"RUB","merchant_data":"eyJvcmRlcl9pZCI6IjI1NTMxIiwidHMiOiIxNTM5MzI5NzcwIiwiYW1vdW50IjoxLjUsImN1cnJlbmN5IjoiUlVCIn0=","merchant_sign":"63d5dce9d2c9d29198ba12ba3f8e270e6606a221","order_id":"25531","ts":"1539329770"}description=TestPaymentmerchant_id=617001version=2
- Конкатенируем полученную строку с защищенным ключом Вашего приложения ВКонтакте (app secure key).
amount=1.5data={"currency":"RUB","merchant_data":"eyJvcmRlcl9pZCI6IjI1NTMxIiwidHMiOiIxNTM5MzI5NzcwIiwiYW1vdW50IjoxLjUsImN1cnJlbmN5IjoiUlVCIn0=","merchant_sign":"63d5dce9d2c9d29198ba12ba3f8e270e6606a221","order_id":"25531","ts":"1539329770"}description=Tes

`tPaymentmerchant_id=617001version=2ug3CQvCkfRyI6svLVpC`

- Берём md5-хэш от этой конкатенации и получаем sign: `e657ca99614a456f368f84f3d70aa567`

Поле sign передаётся в JSON-объекте params среди других параметров платёжного окна.

После чего нужно зарегистрировать url, на который будет привязан метод обработки Callback. На этот url поступит запрос с данными, содержащими идентификатор и статусом транзакции, которые необходимо обработать.

Для того чтобы пользователь мог совершать покупки в базе данных была создана таблица Orders, которая содержала список заказов пользователей. Основными полями этой таблицы являются идентификатор заказа, идентификатор пользователя, которому принадлежит заказ, статус заказа, сумма, предоставленная к оплате и идентификатор товара. Для того чтобы пользователь не мог купить одну и ту же книгу на таблицу было наложено ограничение на уникальность пары идентификатор пользователя идентификатор приобретаемой книги. При создании заказа ему присваивается статус Ordered (заказано). При закрытии окна оплаты и после отправки данных оплаты на сервер «Вконтакте» статус изменяется на Paid (оплачено). При получении Callback с подтверждением оплаты статус заказа меняется на Completed (закончен) и пользователю предоставляется купленный товар. В случае, если пользователь начал оформлять следующий товар без оплаты предыдущего, предыдущему заказу присваивается статус Canceled (отмене). Записи заказов со статусом Canceled не попадают под ограничение таблицы на уникальность пары товар-пользователь. Пользователь может оформить заказ на этот же товар, если предыдущий заказ был отменен. Диаграмма классов этого участка приложения отображена на рисунке 1.

В OrdersEndpoint поступает запрос с клиентской части приложения с идентификатором покупки. Данные передаются в OrdersService. OrdersServcice выполняет метод на создание заказа в OrdersDao. OrdersDao добавляет заказ в базу данных и возвращает его идентификатор. После этого в MerchantUtils генерируется тело запроса в соответствии с алгоритмом, описанным выше. Сгенерированные данные возвращаются в OrdersEndpoint и оттуда передаются в клиентскую часть приложения, где происходит вызов метода на оплату «ВКонтакте». После обработки данных серверами «ВКонтакте» они возвращают результат транзакции с ее идентификатором в CallbackEndpoint.

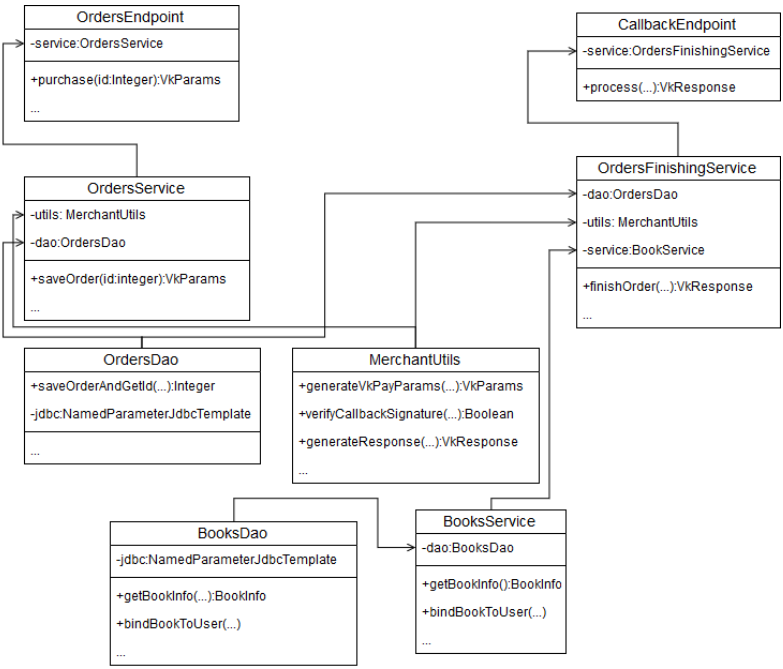


Рис. 1. Диаграмма классов, реализующих механизм оплаты

Полученные данные передаются в OrdersFinishingService, для получения статуса транзакции и идентификатора заказа данные передаются в MerchantUtils, где из зашифрованного представления извлекается необходимая информация. В зависимости от статуса происходит завершение заказа. При позитивном статусе продукт, на который оформлен заказ, в данном случае книга, должен добавиться к пользователю. Для этого вызывается метод в BookService, после чего вызывается метод в BooksDao, который добавляет в базе данных приобретенный товар пользователю. На сервер «ВКонтакте» возвращается ответ со статусом обработки заказа. В случае какой-либо технической неполадки, из-за которой невозможно будет обработать Callback запрос, его отправка будет повторена. Сервера «ВКонтакте» будут присылать Callback запрос до тех пор, пока не получат на него ответ.

Заключение

В ходе работы была разработана клиент-серверная система массового пользования, реализующая работу аудиобиблиотеки. Были изучены и проанализированы современные методологии разработки программного обеспечения, а также современные технологии разработки клиент-серверных систем.

В ходе работы были достигнуты следующие результаты.

– Проведен анализ существующих на рынке аналогичных решений. Были сформулированы и в последствии реализованы необходимые отличительные функции приложения, обеспечивающие превосходство над аналогами.

– Произведено изучение и анализ современных технологий разработки клиент-серверных систем.

– Спроектирована архитектура проекта

– Реализовано приложения, полностью соответствующее поставленной задаче.

Список литературы

1. Онлайн учебник JavaScript [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://learn.javascript.ru/

2. Справочник HTML, CSS [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://htmlbook.ru/

3. Muschko, B. Gradle in Action / B. Muschko, H. Dockter – Manning Publications Company, 2014. – 480 c.

4. JetBrains produces another Java alternative [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.h-online.com/open/news/item/JetBrains-produces-another-Java-alternative-1284309.html

5. Документация по VK Pay [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://vk.com/dev/vkpay

Анализ систем для сбора, хранения и отображения различных системных метрик от микросервисов

А. С. Когут, email:sasha.kogut.98@gmail.com
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены различные технологии, работающие с системными метриками приложения, развернутого на платформе «OpenShift Container Platform».*

Ключевые слова: *Веб-технологии, микросервисная архитектура, системные метрики, платформа «OpenShift Container Platform».*

Введение

В настоящее время все большую популярность приобретает микросервисная архитектура, когда большие приложения разделены на функциональные части, каждая из которых является независимым приложением, общающимся с другими с помощью определенного протокола (к примеру, HTTP). Для эффективной работы приложения необходимо постоянно следить за тем, нет ли утечек памяти, сколько памяти, или мощности процессора использует приложение, достаточно ли оно оптимизировано. Но, поскольку микросервисная архитектура предполагает наличие неограниченного количества независимых частей, необходимо следить за производительностью каждой из них и за производительностью всего приложения в целом.

Для итогового анализа производительности было бы удобнее хранить и отображать полученную от микросервисов информацию. В данной работе будут проанализированы несколько существующих решений для сбора, хранения и визуализации различных системных метрик.

1. Анализ существующих решений для обеспечения возможности микросервиса отправлять необходимые системные метрики

Приступая к анализу уже существующих решений, для начала необходимо определить список требований, которым должно удовлетворять оптимальное решение. При выборе компонента, который будет обеспечивать возможность микросервиса отправлять необходимые системные метрики, необходимо обратить внимание на следующие параметры:

© Когут А. С., Матвеева М. В., 2020

– компонент должен по минимуму изменять исходный код микросервиса;

– изменения должны происходить на уровне развертывания приложения в локальной платформе «OpenShift Container Platform» [1], а не на уровне компиляции программы.

Изменения должны происходить не на уровне компиляции программы, а на уровне развертывания приложения для того, чтобы обеспечить максимальную гибкость. Минимум изменений же желательно для большего удобства и для меньших трудозатрат.

В качестве этого решения подойдет любой из существующих форматов данных, который позволяет хранить необходимые конфигурационные метки для дальнейшего считывания. Рассмотрим три самых популярных:

– XML;
– JSON;
– YAML.

В этом случае нет особой разницы, какой из форматов выбрать, но среди плюсов YAML формата можно выделить краткость формата (то есть меньший размер файла) по сравнению с остальными представленными форматами и поддержку этого формата платформой «OpenShift Container Platform».

2. Анализ существующих решений для сбора информации от микросервиса

Для компонента, который будет собирать системные метрики (например, информацию об объеме используемой оперативной памяти и количество используемых ресурсов процессора) от микросервисов, необходимо выполнение следующих условий:

– компонент должен поддерживать связь с большим количеством баз данных для возможности выбора между ними;

– вся информация должна храниться в одном месте для удобства разработчика (определенное время, до перемещения в базу данных).

Также целесообразно, чтобы была возможность конфигурации компонента, то есть его универсальность.

В качестве компонента, собирающего информацию от микросервисов, были рассмотрены следующие варианты.

– Prometheus node_exporter – компонент программного обеспечения Prometheus [2], позволяет собирать метрики и отправлять их в ядро Prometheus (еще один компонент, содержащий собственную базу данных и пользовательский интерфейс), работает только с ним.

– Zabbix – система мониторинга и отслеживания статусов разнообразных сервисов компьютерной сети, серверов и сетевого оборудования с открытым исходным кодом [3].

– Telegraf agent – компонент с открытым исходным кодом, относится к системе InfluxDB, позволяет считывать метрики от различных систем [4].

– Более наглядное сравнение представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение решений для сбора информации с микросервиса

	Открытый исходный код	Универсальность (возможность работы с максимальным числом систем)	Легкость в конфигурации
Prometheus node_exporter	+	-	+
Zabbix	+	+	-
Telegraf agent	+	+	+

В качестве компонента для сбора необходимой технической информации был выбран Telegraf agent, поскольку он работает с большим количеством различных систем (баз данных, средств для визуализации) и довольно прост в конфигурации.

3. Анализ существующих баз данных для хранения метрик

После того, как компонент из предыдущей части соберет всю необходимую техническую информацию с системы, ее необходимо будет где-то хранить для дальнейшего анализа и визуализации. Для такой базы данных важно, чтобы выполнялись следующие условия:

– это должна быть «time series database», то есть база данных, которая хранит информацию с временными метками, для большего удобства поиска и фильтрации информации;

– желательно, чтобы это была база данных с открытым исходным кодом для уменьшения затрат на поддержание приложения.

В качестве базы данных, которая при этом будет хранить информацию в виде временных меток, были рассмотрены следующие варианты:

– InfluxDB – программное обеспечение с открытым исходным кодом, включающее в себя «time series» базу данных и различные компоненты для работы с ней, такие как Chronograf для отображения метрик и Telegraf для считывания их с различных систем;

– Prometheus – программное обеспечение с открытым исходным кодом, которое предоставляет инструменты для сбора, хранения и отображения метрик;

– Распространенные объектно-реляционные СУБД MySQL и PostgreSQL [5-6].

Несмотря на популярность, из вышеперечисленных компонентов для сбора метрик только Zabbix позволяет использовать в качестве баз данных любую из них. Сравнение всех рассматриваемых в этой части компонентов можно наблюдать в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение решений для хранения собранной информации

	Открытый исходный код	«time series database»	Длительное время хранения
InfluxDB	+	+	+
Prometheus	+	-	-
PostgreSQL	+	-	+
MySQL	-	-	+

Базой данной было решено взять InfluxDB, поскольку она является «time series database» (то есть изначально не нужно задумываться о хранении времени метрики) и предназначена для длительного хранения данных, в отличие от, например, Prometheus, который по умолчанию удаляет данные через несколько дней.

4. Анализ существующих решений для визуализации полученных системных данных

Для системы, которая будет визуализировать (отображать) полученную с микросервисов информацию в удобном для пользователя виде (например, в виде графиков) важно, чтобы выполнялись следующие условия:

– пользователь должен иметь возможность конфигурировать выбранный компонент (к примеру, определять внешний вид графиков, создавать пользовательские графики для своих задач) для большей универсальности системы;

– желательно, чтобы компонент имел современную графику и понятный пользовательский интерфейс для большего удобства пользователя.

В качестве вариантов такой системы были рассмотрены следующие существующие системы для визуализации:

– Grafana – отдельный компонент для отображения метрик в виде графиков и диаграмм, имеет большой выбор различных возможностей для отображения данных и конфигурирования графиков [7];

– Kibana – модуль для визуализации данных, является частью программного обеспечения Elastic Search [8];

– Chronograf - веб интерфейс для визуализации метрик из базы данных, является частью программного обеспечения InfluxDB;

– встроенные интерфейсы компонентов Zabbix или Prometheus.

Сравнение вышеперечисленных систем по определенным выше признакам представлено в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение решений для визуализации собранной информации

	Открытый исходный код	Гибкость (возможность кастомизации)	Современная графика
Grafana	+	+	+
Kibana	+	–	–
Chronograf	+	–	+
Zabbix/Prometheus	+	–	–

В качестве системы для отображения технической информации в виде различных графиков было принято решение использовать Grafana, поскольку эта система предоставляет очень большие возможности для кастомизации и имеет наиболее красивую графику среди всех рассматриваемых систем.

Заключение

В данной статье были рассмотрены различные существующие компоненты и системы для создания полного цикла мониторинга, то есть сбор метрик, их хранение и визуализация. Основная проблема заключалась в разнообразии этих компонентов и не всегда полная совместимость их между собой. В результате был выбран оптимальный набор компонентов, с помощью которого возможно отслеживать всю необходимую техническую информацию о вашей системе и анализировать ее в удобном виде:

1. YAML формат – в качестве формата для конфигурационных меток;
2. Telegraf agent – в качестве компонента для сбора всей необходимой информации;

3. InfluxDB – в качестве базы данных для хранения собранной информации;
4. Grafana – в качестве системы для визуализации (отображения) собранной информации в удобном формате (в виде графиков, диаграмм и различных настраиваемых виджетов).

Список литературы

1. OpenShift Container Platform 4.2 Documentation / Red Hat [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://docs.openshift.com/container-platform/4.2/welcome/index.html
2. Prometheus Documentation / Prometheus [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://prometheus.io/docs/prometheus/latest/configuration/configuration/index.html
3. Zabbix Documentation 4.0 / Zabbix [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://www.zabbix.com/documentation/4.0/ru/manual/index.html
4. InfluxData Documentation / InfluxData [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://docs.influxdata.com/index.html
5. PostgreSQL 12.1 Documentation / PostgreSQL [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://www.postgresql.org/files/documentation/ pdf/12/postgresql-12-A4.pdf
6. MySQL Documentation / Oracle Corporation [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://dev.mysql.com/doc/
7. Grafana Documentation / Grafana [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://grafana.com/docs/grafana/latest/index.html
8. Kibana Guide / Elastic (ELK) Stack Zabbix [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://www.elastic.co/guide/en/kibana/current/index.html

Информационное сопровождение потока задач на основе методологии Канбан

П. А. Кожура, email: ppichugina@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный экономический университет.

Аннотация. *В данной работе рассматривается информационное сопровождение потока задач на основе методологии Канбан и выбор наиболее эффективного ИТ-решения с использованием метода анализа иерархий.*

Ключевые слова: *информационное сопровождение, разработка, программное обеспечение, Канбан-метод, метод анализа иерархий.*

Введение

Цифровизация финансового рынка оказывает сильное влияние на банковские бизнес-процессы, в том числе на подходы к обслуживанию клиентов. Большинство услуг, предлагаемых российскими банками, уже сейчас превращаются в гибкие сервисы, доступные круглосуточно из любой точки мира, где есть телефония и/или интернет. Для обеспечения мобильности и скорости предоставления своих услуг финансовые организации по всему миру тратят огромные средства на разработку и обслуживание систем управления взаимодействием с клиентами, автоматизированных банковских систем, хранилищ больших данных, мобильных и интернет-банков [1-2].

Внедрение новых программных решений в срок, диктуемый бизнесом и законодательством, является основным конкурентным преимуществом в сфере финансовых услуг. Управление потоком задач при разработке и модернизации программного обеспечения (ПО) не менее важно, чем управление материальным потоком на производстве.

Наиболее сложными в управлении являются проекты по модернизации имеющегося программного обеспечения связанные с одновременной доработкой в рамках одной бизнес-задачи нескольких программных комплексов, например, беззалоговое кредитование физических лиц через интернет-банк. В рамках такой работы изменения вносят в CRM-систему, автоматизированную банковскую систему (АБС), интернет и мобильный банк. У каждой системы своя команда, ответственная за её развитие, своя очередь доработок и исправлений ошибок, свои независимые контрагенты-разработчики. Для успешной реализации и внедрения бизнес-задачи в промышленную зону без срыва

© Кожура П. А., 2020

сроков необходимо согласовать у всех команд старт начала работ, интеграционные требования к каждой системе, провести функциональное тестирование всего цикла жизни кредитной заявки [3-4].

1. Использование метода Канбан в разработке ПО

Одним из подходов для управления процессом разработки является Канбан. Родоначальник метода – это набор сигнальных карт, который был разработан и впервые использована в производстве автомобилей фирмой «Тойота» как часть системы «точно-во-время» [5-6].

Канбан основан на следующих принципах: принципы управления изменениями; начинать с того, что есть сейчас; договоренность о эволюционном развитии; поощрять лидерство на всех уровнях и у всех участников команды; принципы сервисной парадигмы; ориентация на потребности и ожидания заказчика; управление работой, а не людьми: нужно дать возможность людям организоваться вокруг неё; создание и развитие прозрачных правил для улучшения показателей бизнеса и увеличения удовлетворенности конечных пользователей.

Практики Канбан: визуализация, ограничения количества незавершенных работ на каждом этапе, управление потоком работы (а не людьми), использование явных правил, обратная связь (с командой/заказчиком), постоянные улучшения процесса/эволюция.

Канбан может использоваться как промежуточный этап при переходе к Agile [7], так как не требует изменения организационной структуры предприятия. Несмотря на кажущуюся простоту рассматриваемого метода, не получится взять описание чьего-либо успешного опыта внедрения и перенести его «как есть» в свою организацию. Используя принципы и практики Канбан, нужно не строить новый процесс, а описать существующий. Только после работы некоторое время в процессе «как есть» можно «эволюционировать».

Использование этих принципов и практик позволяет сделать процесс разработки и внедрения понятным и гибким не только для непосредственных участников процесса, но и для внешних наблюдателей.

Во время всего жизненного цикла каждой задачи в канбан-процессе, на каждом этапе снимаются метрики:

- Cycle Time – время, которое задача находилась в работе от момента, когда ей начали заниматься, до момента, когда она прошла фазу конечной поставки.

- WIP (Work in progress) – количество задач одновременно находящихся в работе. Разделяется по разным стадиям работы над задачей.
- Lead Time – время от появления задачи до ее конечной поставки. Включает Cycle Time и время ожидания в очереди на реализацию.
- Wasted Time – время, которое задача проводит в различных очередях, а не непосредственно в работе.
- Effectiveness – процент времени, которое тратится непосредственно на работу с задачей, а не на ожидания в различных очередях.
- Throughput – количество задач, которое может выполнять команда в единицу времени (день, неделя, месяц).

Основным инструментом, позволяющим воплощать принципы и практики, является канбан-доска. На сегодняшний день существует множество программных продуктов, поддерживающих канбан доски, пример доски на рисунке 1.

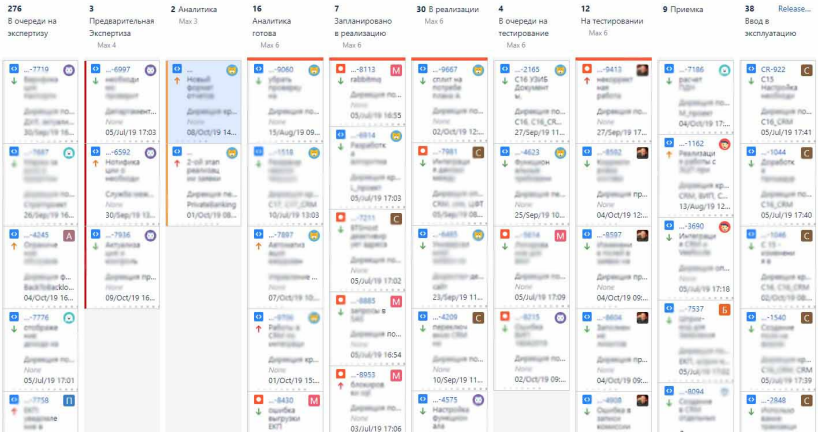


Рис. 1. Пример Канбан-доски в Jira

На рисунках далее показаны графики на основе метрик, используемых в Канбан: пример контрольной диаграммы на основе метрик на рисунке 2, пример спектральной диаграммы на основе метрик на рисунке 3.

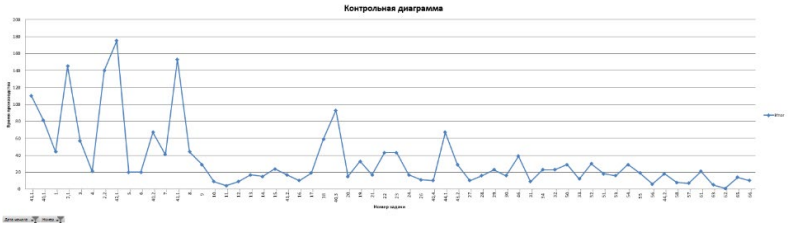


Рис. 2. Пример контрольной диаграммы

Рис. 3. Спектральная диаграмма

Примеров ПО, которые позволяют визуализировать канбан, достаточно много, большинство позволяют фиксировать ответственного за работу на каждом этапе, указывать ответственного, ставить различные метки и пр. Гораздо меньше изучен вопрос снятия метрик, построения и интерпретации отчетов на их основе.

2. Выбор оптимального ИТ-решения для сопровождения модернизации ПО: метод анализа иерархий

Было проведено исследование методом анализа иерархий Т. Саати. Оно позволяет использовать системный подход к сложным проблемам принятия решений и структурировать их в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения.

Целью исследования является выбор ИТ-решения для управления проектами модернизации ПО в банке по методологии Agile. Использованные альтернативы: виды ИТ-решений, поддерживающих методолгии Agile.

Для исследования были выбраны следующие программные продукты: Hygger, Jira, Trello, AZURE DEVOPS, ProofHub, MS Excel, LeanKit.

Иерархическая структура выбора представлена в виде {Цель}-{Критерии}-{Альтернативы} на рисунке 5.

Для выполнения метода анализа иерархий с использованием СППР SuperDecisions выбраны следующие критерии, по которым будет происходить попарное сравнение: цена, распространенность, интеграция с другими ПО, поддержка своими силами, полнота коробки, дружественный интерфейс, русификация, соответствие требованиям информационной безопасности (ИБ).

При заполнении матрицы попарного сравнения критериев выбора по методике анализа иерархий Т.Саати были построены суждения вида:

- интеграция с другими ПО так же важна как полнота коробки (1) и распространенность (1), незначительно важнее поддержки своими силами (3), определенно важнее симпатий ключевых пользователей (5) и абсолютно превосходит по значимости чем русификацию (9);
- соответствие требованиям ИБ незначительно важнее поддержки своими силами (3) и др.

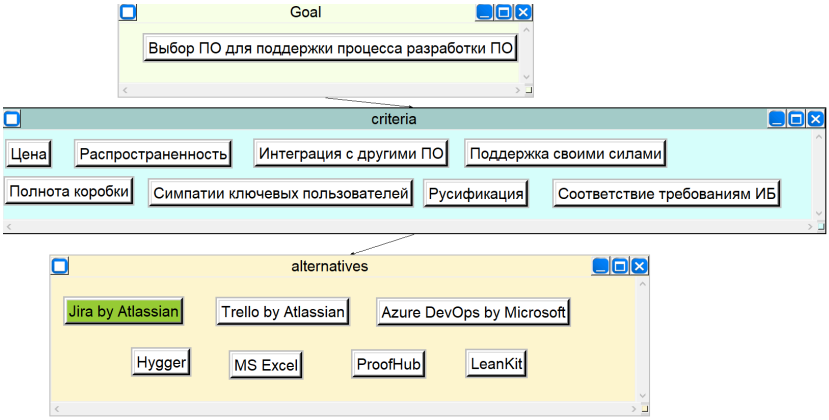


Рис. 4. Иерархическая структура выбора

Пример сравнения критериев выбора в виде матрицы на рисунке 5.

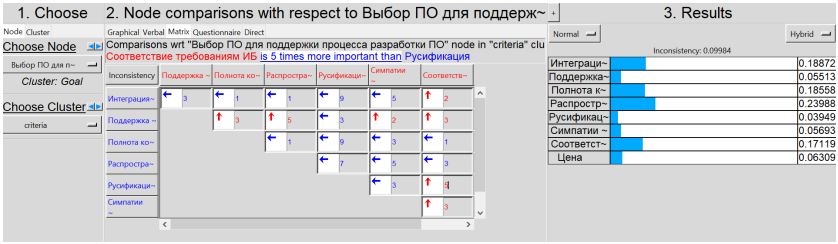


Рис. 5. Сравнение критериев выбора

Выполнена экспертная оценка соответствия ИТ-решения каждому критерию, на основании которой построены суждения, использованные в при заполнении матрицы попарного сравнения критериев выбора. Далее представлено развернутое описание критериев выбора и таблицы экспертных оценок для некоторых из них.

1. **Цена** – стоимость 1 лицензии программного обеспечения (таблица 1)

Таблица 1

Сравнение цен на лицензии ПО
(по информации с официальных сайтов)

ИТ-решение	**Оценка**	**Комментарий**
Jira	9	7$ за 1 пользователя (пакет Стандарт), включает стандартную поддержку 9 часов 5 дней в неделю
Trello	7	18,75$ до 400 пользователей с нормальным администрированием и безопасностью
Azure DevOps (ранее Microsoft TFS)	3	375р. На 1 пользователя (план «базовый») + 2812,50 visual Studio professional на 1 пользователя, поддержка на месте, инженер с соотв. Сертификатами. Примерно 46$ на персону
ProofHub	1	89 $ в месяц если брать на год сразу, если не брать на год, то 99$ в месяц
Hygger	8	14$ за 1 пользователя, поддержка включена в стоимость.
MS Excel	10	9658 1 лицензия, 14 060 стоимость офиса 1 лицензии. Т.к. офис как правило у всех есть, то можно

		считать, что без дополнительной оплаты
LeanKit	6	29$ лицензия на 1 пользователя

2. **Распространенность** – сколько контрагентов на рынке могут администрировать, дорабатывать указанное решение, сколько компаний используют указанное решение (таблица 2).

Таблица 2

Использование ИТ-решений для поддержки Agile методик (на основе исследования 2019 года The 13th annual state of agile report CollabNet | VersionOne)

ИТ-решение	**Оценка**	**Комментарий**
Jira	10	65%
Trello	4	Входят 14 % прочие
Azure DevOps (ранее Microsoft TFS)	6	23%
ProofHub	4	Входят 14 % прочие

Окончание табл.2

Hygger	4	Входят 14 % прочие
MS Excel	8	48%
LeanKit	5	4%

3. **Интеграция с другими ПО** – возможности интеграции с другими решениями такого же типа, ПО для выполнения других видов работ (таблица 3).

Таблица 3

Данные по интеграции ИТ-решений по данным с официальных сайтов провайдеров

ИТ-решение	**Оценка**	**Комментарий**
Jira	6	Есть API и SDK
Trello	3	Более 100 приложений для интеграции
Azure DevOps (ранее Microsoft TFS)	7	обеспечивает интеграцию с популярными сторонними инструментами и службами с открытым исходным кодом во всем рабочем процессе
ProofHub	1	Google Disk, Access Freshbooks, Google Calendar, iCal, Box, Dropbox, Google Drive, and OneDrive.
Hygger	5	11 готовых решений интеграции и

		API
MS Excel	10	Большинство программ поддерживает выгрузку в excel и загрузку одного или нескольких форматов excel
LeanKit	4	SAML-based SSO, API

4. **Возможность поддержки** внедренного решения внутренними силами – есть ли обученные сотрудники внутри компании, дорого ли стоит их обучить, сколько стоит поддержка сторонней организацией (таблица 4).

Таблица 4

Экспертная оценка возможности поддержки ИТ-решения

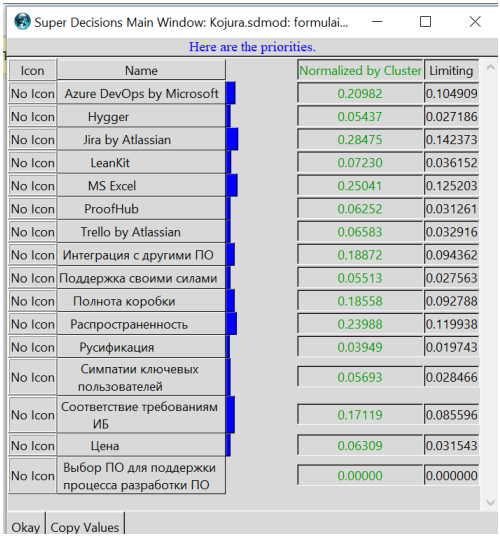
ИТ-решение	**Оценка**	**Комментарий**
Jira	5	Возможно обучение сотрудников программированию на Java и Python, что позволит «пилить» интерфейс под себя
Trello	4	Возможно обучение сотрудников программированию Java, что позволит «пилить» интерфейс под себя
Azure DevOps (ранее Microsoft TFS)	7	Возможно обучение сотрудников, прохождение сертификации
ProofHub	2	Возможно обучение сотрудников, плюс поддержка входит в стоимость лицензии
Hygger	3	Возможно обучение сотрудников, плюс поддержка входит в стоимость лицензии
MS Excel	8	Возможно обучение сотрудников, азы уже известны.
LeanKit	3	Возможно обучение сотрудников, плюс поддержка входит в стоимость лицензии

5. **Дружественный интерфейс** (пожелания к интерфейсу решения) – предпочтения ключевых пользователей, основанных на удобстве, интуитивной понятности интерфейса.
6. **Русификация** – наличие русскоязычного интерфейса.

7. **Полнота коробочного решения** (какой функционал включает в себя коробочное решение) – на сколько решение из коробки соответствует текущему процессу, процессу в будущем.
8. **Соответствие требованиям информационной безопасности** – насколько ИТ-решение соответствует согласованным требованиям информационной безопасности организации.

При помощи программы СППР SuperDecisions был произведен расчет, в результате которого общий индекс согласованности равен 9,9%, что говорит о согласованности полученных матриц. Результаты исследования представлены в виде диаграммы приоритетов выбора системы ИТ-решения на рисунке 6.

Результаты исследования показывают, что рассмотренные ИТ-решения Jira и Excel находятся примерно на одном уровне при сравнении по общим характеристикам, однако Jira всё же предпочтительней.



Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	Azure DevOps by Microsoft	0.20982	0.104909
No Icon	Hygger	0.05437	0.027186
No Icon	Jira by Atlassian	0.28475	0.142373
No Icon	LeanKit	0.07230	0.036152
No Icon	MS Excel	0.25041	0.125203
No Icon	ProofHub	0.06252	0.031261
No Icon	Trello by Atlassian	0.06583	0.032916
No Icon	Интеграция с другими ПО	0.18872	0.094362
No Icon	Поддержка своими силами	0.05513	0.027563
No Icon	Полнота коробки	0.18558	0.092788
No Icon	Распространенность	0.23988	0.119938
No Icon	Русификация	0.03949	0.019743
No Icon	Симпатии ключевых пользователей	0.05693	0.028466
No Icon	Соответствие требованиям ИБ	0.17119	0.085596
No Icon	Цена	0.06309	0.031543
No Icon	Выбор ПО для поддержки процесса разработки ПО	0.00000	0.000000

Рис. 6. Приоритеты выбора ИТ-решения

Исходя из получившихся результатов анализа при выборе одной из альтернатив следует руководствоваться распространенностью соответствующего ИТ-решения, полнотой «коробки», интеграцией с другими ПО. Однако критерий «Соответствие требованиям ИБ» может существенно изменить предпочтительность альтернатив.

Заключение

Без информационной поддержки при управлении процессом разработки невозможно представить своевременное и качественное внедрение доработок программного обеспечения. Цифровизация бизнеса обязывает быстро внедрять решения, удовлетворяющие его требованиям [8-9]. Одним из популярных подходов к управлению разработкой ПО является Канбан.

По результатам исследования методом анализа иерархий на основании критериев и экспертных оценок наиболее предпочтительным ИТ-решением по методу Канбан является Jira by Attlasian.

Список литературы

1. Минаков, В. Ф. Информационные технологии в умных инновациях: признаки, свойства / В.Ф. Минаков // В сборнике: Региональная информатика "РИ-2016" Материалы конференции. – СПб. : СПИИРАН. – 2016. – С. 259-260.
2. Минаков, В. Ф. Проблемы развития единого информационного пространства научно-инновационной деятельности / В. Ф. Минаков // В сборнике: Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста Материалы 3-ей Международной научной конференции. – 2017. – С. 243-246.
3. Шепелева, О. Ю. Перспективы использования технологии блокчейн исполнительными органами Российской Федерации / О. Ю. Шепелева // В сборнике: Цифровая экономика в социально-экономическом развитии России. Сборник научных трудов по итогам Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2018. – С. 306-309.
4. Шепелева, О. Ю. Место информационно-коммуникационных систем в цепочках создания потребительской ценности / О. Ю. Шепелева, В. Ф. Минаков, П. Ю. Шепелёв // В сборнике: Экономические, технические и информационные аспекты модернизации региональных производственных систем Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 456-460.
5. Glinskiy, V. Assessment of environmental parameters impact on the level of sustainable development of territories / V. Glinskiy, L. Serga, M. Khvan // В сборнике: Procedia CIRP 13. Сер. "13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use". – 2016. – С. 626-631.

6. Glinskiy, V. Clusterization economy as a way to build sustainable development of the region / V. Glinskiy, L. Serga, E. Chemezova, K. Zaykov // В сборнике: Procedia CIRP 13. Сер. "13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use". – 2016. – С. 324-328.

7. Agile-манифест разработки программного обеспечения. [Электронный ресурс] // «Agile-манифест разработки программного обеспечения» URL: http://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.htm

8. Ivanter, V.V. Recovery of economic growth in Russia / V. V. Ivanter [и др.] // Studies on Russian Economic Development. – 2016. – Т. 27. – № 5. – С. 485-494.

9. Terebova, S.V. The development of small innovative business in the industrial, scientific and educational sector in Russia / S. V. Terebova, V. N. Borisov // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2019. – Т. 12. – № 3. – С. 55-76.

Информационно-образовательная авторизованная среда в военном вузе

С. П. Кухаренко, email: serp@rambler.ru
О. Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Д. А. Клюев[1]

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается разработка автоматизированного учебного курса программированного обучения, позволившего создать в вузе аппаратно-программно-методический комплекс, предназначенный для организации, управления и дидактического обеспечения образовательного процесса, выполняющий опосредованно ряд функций педагога и организатора обучения, обеспечивающий взаимодействие субъектов образовательного процесса на основе современных средств связи и интерактивного программного управления.*

Ключевые слова: *программно-информационная система, автоматизированный учебный курс, многоуровневое тестирование, обучающая программа.*

Введение

В соответствии с постулатами общей теории управления, в любых эргатических системах, в частности циклических замкнутых педагогических системах управления, обязательно присутствует функция систематического сбора информации посредством обратной связи.

Один из краеугольных законов педагогической психологии гласит, что психика проявляется, формируется и развивается только в деятельности. Исходя из этого, обучение определяют как управление познавательной деятельностью обучающихся с целью формирования у них определенных знаний, умений и навыков, развития личностных качеств.

Для реализации этих задач целесообразно разработать автоматизированный учебный курс (АУК), представляющий программно-информационную систему, состоящей из программ для персонального компьютера, реализующих сценарии учебной деятельности, и определенным образом подготовленных знаний.

© Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Клюев Д. А., 2020

Отсюда следуют ключевые проблемы проектирования АУК для общепрофессиональных дисциплин: подготовка информационного описания теоретического материала, создание упражнений для активизации процесса усвоения теории, разработка сценариев (алгоритмов управления) для организации эффективной целенаправленной познавательной деятельности обучающихся.

Обратная связь в эргатической системе «Преподаватель – Обучающая программа – Обучающийся»

Обратная связь (ОС) в эргатической системе «Преподаватель – Обучающая программа – Обучающийся» представлена двумя видами: внешняя и внутренняя ОС. Внутренняя ОС - это информация, которая поступает от обучающей программы к обучающемуся в ответ на его действия при выполнении упражнений. Она предназначена для самокоррекции обучающимся своей учебной деятельности.

Внутренняя ОС имеет исключительно важное значение для автоматизации процесса обучения, обеспечивая адаптивную последовательность обучения. Внутренняя ОС дает возможность курсанту сделать осознанный вывод об успешности или ошибочности учебной деятельности. Она побуждает обучающегося к рефлексии, является стимулом к самообразованию, помогает оценить и скорректировать результаты учебной деятельности. Различают консультирующую и результативную внутреннюю ОС. Консультация может быть разной: помощь, разъяснение, подсказка, репетиторство и т.п. Результативная ОС также может быть различной: от «верно – неверно» до демонстрации правильного результата или способа действия.

Цель построения адаптивной последовательности обучения как метода адаптации заключается в обеспечении обучающихся наиболее подходящей индивидуально планируемой последовательности для изучения единиц знаний и выполняемых задач. Для реализации метода ставится задача построения оптимальной последовательности изучения учебных элементов (УЭ), к которым относятся объекты, явления, понятия, методы деятельности, внесенные в программу учебной дисциплины для их изучени. В компьютерных системах обучения УЭ или объект изучения представляется в виде трех- или четырехуровневой иерархии: курс (учебный предмет), тема, раздел темы, квант учебной информации (УИ), причем уровень разделов для небольших и несложных тем может быть опущен. Квант УИ – это элементарная порция информации: текст изучения некоторого понятия темы (квант-понятие), вопрос, задача, комментарий на ответ, разъяснительный текст и т. п.

В настоящее время при объектно-ориентированном подходе к разработке компьютерных систем обучения широко используется термин «объект изучения» (learning object). Под объектом изучения (ОИ) понимают кванты УИ.

Построение оптимальной последовательности объектов изучения осуществляется на основе модели содержания учебного материала, в качестве которой используется ориентированный граф с нагруженными ребрами (связями). Множество вершин графа (1, 2, …) соответствует объектам изучения (курсам, темам, разделам тем или квантам УИ), а множество S – связям между ними. При этом возможны следующие степени связи:

$S1$ – для изучения объекта необходимо иметь общее понятие о другом ОИ;

$S2$ – при изучении объекта используются частые ссылки на другой ОИ;

$S3$ – для изучения наиболее сложных (или редко используемых) понятий объекта необходимы знания из области другого ОИ;

$S4$ – для изучения объекта и практического применения знаний необходимо четкое знание другого ОИ.

Модель усвоения учебного материала представляет логическую последовательность и связи между изучаемыми УЭ. Умения, как навыки в овладении осваиваемыми способами деятельности, характеризуется степенью автоматизации усвоения. Этот показатель требуется для мониторинга процесса обучения общепрофессиональным дисциплинам. Степень автоматизации усвоения измеряется коэффициентом

$$k_t = \frac{t_1}{t_2}, \qquad (1)$$

где t_1 – время выполнения теста профессионалом; t_2 – время выполнения теста обучающимся.

Осознанность как показатель качества усвоения

Осознанность учебной деятельности всегда высоко ценилась преподавателями. Под осознанностью обычно понимают умение обосновать выбор способа действия и его план - ориентировочную основу деятельности.

Различают три степени осознанности: $\gamma = 1, 2, 3$.

$\gamma = 1$ – обучающийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию изучаемой дисциплины.

$\gamma = 2$ – обучающийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию не только изучаемой, но и какой-либо смежной дисциплины.

$\gamma = 3$ – обучающийся обосновывает свой выбор с привлечением информации из различных дисциплин с широким использованием междисциплинарных связей.

Сложность учебного материала

Это понятие относительное. Оно связано с уровнем представления учебного материала β. Если обучающийся владеет аппаратом изложения материала на данном уровне (например, логикой на 2-м уровне, математическим аппаратом - на 3-м), то изложение материала ему не кажется сложным, и наоборот. Так, человек с гуманитарной подготовкой, не владеющий математическим аппаратом, какой бы он ни был «сообразительный», не поймет изложение технической науки на 3-м уровне. Принцип от простого к сложному означает движение в ходе обучения от низшего уровня ($\beta = 1, 2$) к высшему ($\beta = 3, 4$).

Трудность учебного материала

Это также понятие относительное. Оно связано с уровнями усвоения учебного материала. Чем выше уровень усвоения α, тем выше трудность. При этом важна также преемственность в усвоении. Если обучающийся владеет материалом на первом уровне, то переход к освоению на втором уровне ему труден, но доступен. Если же ставится задача сразу перейти от первого уровня усвоения к третьему, например, после прочтения учебного пособия – к решению нетиповых задач, то это более высокая степень трудности, которая может оказаться недоступной [1]. В процессе обучения в зависимости от выбранного целевого показателя по α необходимо сначала организовать учебную деятельность на уровне $\alpha = 1$, затем – $\alpha = 2$ и т.д. Именно поэтому в компьютерной обучаюей системе (КОС) предусмотрена следующая последовательность применения различных компонент учебных комплексов: учебное пособие ($\alpha = 1$), АУК ($\alpha = 1 - 2$), тренажеры ($\alpha = 2 - 4$), ППП ($\alpha = 2 - 4$).

Одной из распространенных педагогических ошибок является ситуация, когда на экзамене (или в проекте КОС) «требовательный» преподаватель хочет, чтобы обучающиеся решали нетиповые задачи лишь по материалам лекционных занятий, не организовав предварительно процесс обучения не только на третьем, но и на втором и первом уровнях усвоения. Особенность в том, что потенциал лекции

($\alpha = 1$) вовсе не гарантирует усвоение учебного материала на первом уровне [2].

Следует, однако, заметить, что жесткая линейная структура процесса движения от низших α уровней к высшим уровням, не всегда психологически оправдана.

Например, при необходимости овладеть элементами теории решения изобретательских задач рекомендуется на занятиях вводить проблемную ситуацию. По теме «Чтение и деталирование чертежей общего вида» дисциплины компьютерная графика можно предложить проблему выбора нагружения, характерную для более высокого уровня изучения дисциплины «Сопротивление материалов»: «…Какое нагружение испытывает деталь: растяжение (сжатие), кручение, изгиб?...». Для этой цели достаточно подключить опцию «Simulation» в САПР SolidWorks, используемую на лабораторных занятиях. Обучающийся интуитивно может выбрать схему нагружения из предложенных в САПР [3]. Обоснованное решение этой проблемы в практических задачах появится позднее, на занятиях по изучению более сложных общепрофессиональных дисциплин, но на занятиях по компьютерной графике такой сценарий может способствовать формированию внутренней мотивации к самостоятельному изучению теоретического материала.

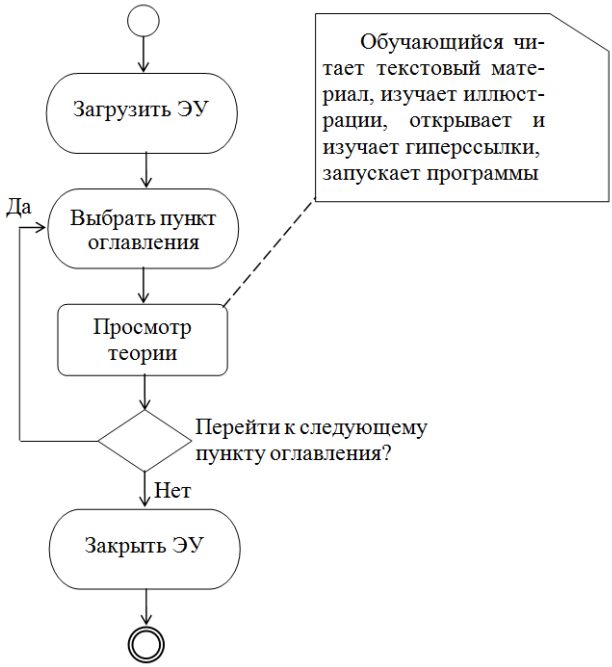
Разработка сценария обучающих программ КОС для общепрофессиональных дисциплин с элементами управления познавательной деятельностью

Рассмотрим типовые и достаточно универсальные сценарные схемы системы КОС успешно используемые в электронных учебниках по общепрофессиональным дисциплинам для разных уровней образования.

Просмотр (изучение) теории. Основу этого сценария составляет работа со структурированным учебным текстом и поясняющими его мультимедиа иллюстрациями, как показано на рисунке 1.

Тренаж по теории. Важнейший этап работы с ЭУ. Осмысление учебного материала и запоминание. Только в ходе собственной активной деятельности обучающегося достигается главная дидактическая цель применения электронных учебников в обучении – интериоризация (формирование внутренних структур «в уме» посредством усвоения внешней деятельности). Эта цель достигается в ходе интерактивного взаимодействия обучающегося с различными компонентами учебного материала, как показано на рисунке 2.

Для реализации интерактивного тренажа можно использовать две простых, но достаточно эффективных сценарных схемы. Первая схема предельно проста. После текста задания, которое курсанту предлагается выполнить на бумаге или в уме, следует гиперссылка (например, «Комментарий к вопросу»). В этой гиперссылке можно «спрятать» правильный ответ, комментарий к нему, ссылку на теорию и т.п.



ЭУ – электронный учебник

Рис. 1. Диаграмма деятельности обучающегося для варианта использования ЭУ «*Изучить теорию*»

Во второй схеме тренажа применяются тесты с выборочными ответами. После ответа на вопрос и получения сообщения о его правильности обучающийся может посмотреть правильный ответ, комментарий к ответу (например, ход решения задачи), полную теорию к вопросу из соответствующего раздела ЭУ.

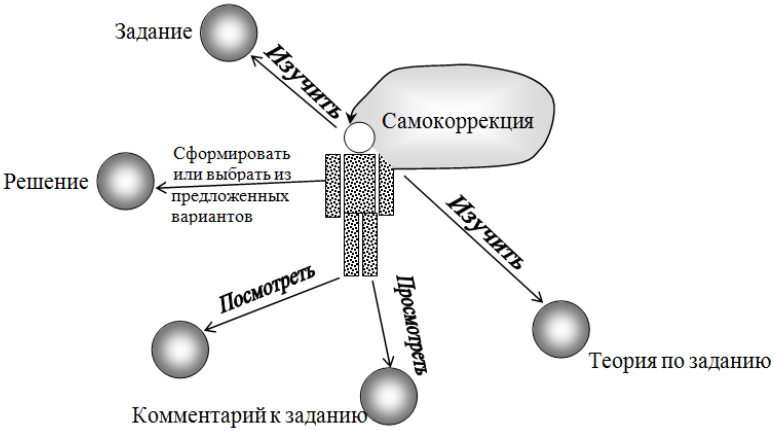


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия объектов и пользователейдля варианта использования ЭУ «*Тренаж по теории*»

Контроль. Тестирование в ЭУ используют для промежуточного или итогового контроля уровня усвоения учебного материала соответственно по отдельным разделам или по всему ЭУ. Обычный сценарий контроля выглядит так, как показано на рисунке 3.

Обучающийся регистрируется в подсистеме контроля и выбирает необходимый набор (батарею) тестов, либо необходимая батарея тестов загружается автоматически. Далее начинается процесс тестирования. При этом для определения количества и последовательности предъявления тестовых заданий могут использоваться различные алгоритмы.

Следует учитывать, что скрытность вычислительных процессов, выполняемых на персональном компьютере, иногда оказывает плохую услугу инженерной подготовке. Многие вычисления, которые авторы-преподаватели нередко объявляют рутинной работой, обладают большим обучающим эффектом, так как позволяют проследить и понять связь значений варьируемых переменных технического объекта с его характеристиками.

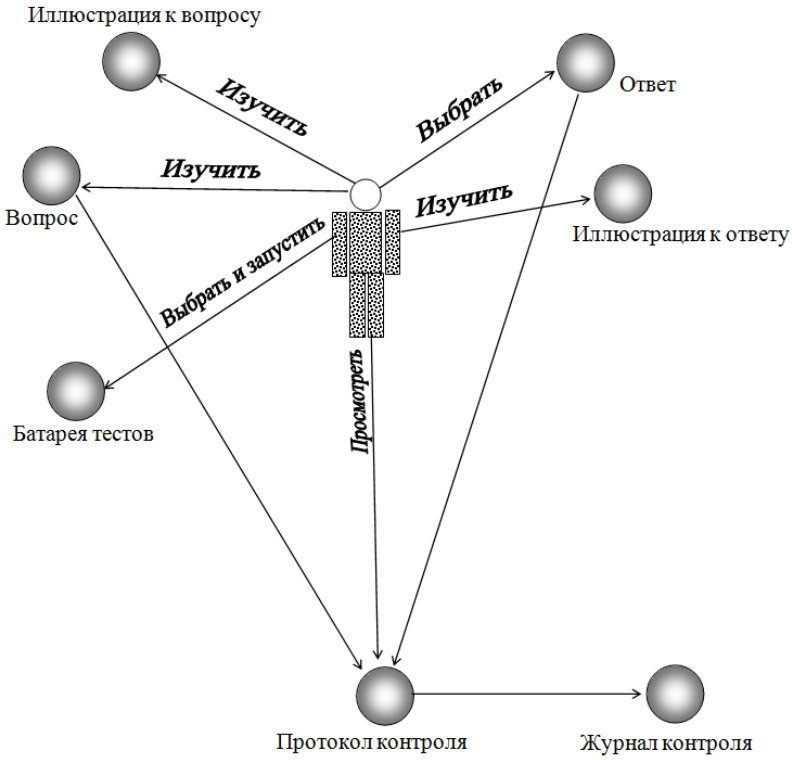


Рис. 3. Диаграмма взаимодействия объектов и пользователей для варианта использования ЭУ «*Пройти контроль*»

По окончании тестирования обучающийся получает протокол тестирования, где он может увидеть количество набранных баллов, полученную оценку, список пройденных вопросов

Для каждого теста должна быть предусмотрена возможность сравнить данный в ходе тестирования ответ с правильным ответом, что обеспечивает продолжение осмысления и закрепления учебного материала, начатого на этапе тренажа. Особенно это важно при промежуточном тестировании. При итоговом тестировании, чтобы избежать возможных недоразумений, особенно в случае неудовлетворительной оценки, целесообразно предъявлять протокол контроля.

Информация о результатах тренажа и контроля обычно записывается в журнал успеваемости ЭУ, при этом программы

управления журналом должны обеспечивать сортировку информации по различным признакам, проведение статистического анализа для выявления «трудного» и «легкого» учебного материала.

Локальная работа с мультимедиа объектами. При просмотре теории в ЭУ, как уже отмечалось выше, по гиперссылкам в учебном тексте в отдельные окна могут выводиться различные мультимедиа объекты, иллюстрирующие содержание изучаемого раздела. Весьма полезной для пользователей ЭУ (обучающихся и преподавателей) может оказаться и возможность локального выбора мультимедиа объектов из отдельных списков и просмотра графических иллюстраций, запуска анимаций, аудио- и видеоклипов, выполнения подключенных программ. Такая возможность полезна для иллюстрации лекционных занятий и выборочного просмотра-напоминания основных теоретических положений.

Заключение

Предлагаемая разработка программно-информационной системы, представляющей собой автоматизированный учебный курс программированного обучения, позволит создать в вузе систему полидисциплинарного многоуровневого тестирования для осуществления функций управления познавательной деятельностью обучающихся при изучении общепрофессиональных дисциплин, а также технических условий ее реализации.

Список литературы

1. Самарин Ю. А. Очерки психологии ума. / Ю. А. Самарин. – М. : Изд-во АПН РСФСР, 1962. – 292 с.

2. Беспалько В. П. Основы теории педагогических систем. / В. П. Беспалько. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977. – 303 с.

3. Кухарено С. П. Формирование профессиональных компетенций будущих преподавателей общепрофессиональных дисциплин в военном вузе [Текст] / С. П. Кухарено, О. Л. Дзюбенко – Москва: Изд-во РУСАЙНС, 2018. – 188 [6] – Библиогр: С. 181-186.

Определение состава электронного учебно-методического комплекса в учреждениях высшего профессионального образования

С. П. Кухаренко, email: serp@rambler.ru
О. Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Д. Н. Смирнов, email:48dimka54@mail.ru
Е. О. Румянцев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается формирование электронной информационно-образовательной среды поддержки деятельности обучающихся курсантов в военном вузе на основе информационно-коммуникационных технологий. Рассматривается в качестве примера система тестирования по компьютерной графике, позволяющая обеспечить не только приобретение квалификационных навыков, но и проводить аттестацию знаний и умений курсантов, необходимых при изучении всего комплекса общепрофессиональных дисциплин.*

Ключевые слова: *объектно-ориентированная электронная информационно-образовательная среда, учебно-методический комплекс, междисциплинарное тестирование, дидактические единицы.*

Введение

Возросшая роль информационно емких фундаментальных наук, обеспечивающих конкретно-содержательные специальные знания, обусловила некоторое сокращение бюджета времени на изучение общепрофессиональных дисциплин. Интенсификация умственного труда может вызвать переутомление участников учебного процесса и, как следствие, потерю интереса к процессу образования. Вероятность такого отрицательного эффекта внедрения ИКТ особенно велика для военных высших учебных заведений. В то же время информационная емкость основных программ общепрофессиональных дисциплин высшего профессионального образования существенно возросла.

Основной идеей создания в учреждениях высшего профессионального образования современной объектно-ориентированной электронной информационно-образовательной среды

© Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О., 2020

(ЭИОС) на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является создание такой информационной среды, которая способна интенсифицировать учебный процесс с помощью компьютерных информационных источников, электронных библиотек, видео- и аудиотек, книг и учебных пособий.

Учитывая специфику высших военных учебных заведений, совмещающих образовательную и военную служебную деятельность, а также сокращение бюджета времени на изучение общепрофесиональных дисциплин, нетрудно предположить повышенную утомляемость курсантов на занятиях. Поэтому разработка с учетом специфики профессиональной деятельности курсантов объектно-ориентированной ЭИОС существенно интенсифицируют образовательный процесс общепрофессионального цикла дисциплин, что, в свою очередь, потребуют научно обоснованной организации умственного труда всех участников образовательного процесса. Исходя из этого сценарии обучающих программ, входящих в состав современных ЭИОС обязательно должны содержать элементы управления.

1. Состав электронного учебно-методического комплекса

Состав электронного учебно-методического комплекса в учреждениях высшего профессионального образования определяют в процессе его проектирования на основе модели содержания учебного материала, руководствуясь методом последовательного обучения по уровням усвоения [1-3]. Система ЭИОС должна предусматривать определенную последовательность применения различных составляющих учебных комплексов, а именно: учебное пособие, автоматизировнный учебный курс (АУК), тренажеры, пакет прикладных программ (ППП), показанные на концептуальной схеме рисунка 1.

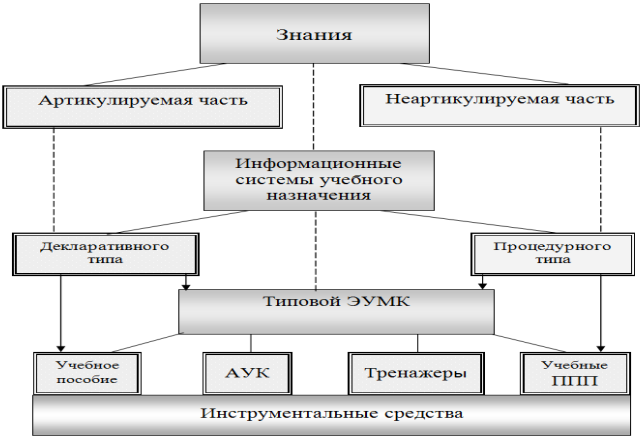


Рис. 1. Концептуальная схема системы ЭИОС

Учебное пособие является обязательным компонентом комплекса. Его учебный потенциал заключен в обычном чтении текста. В учебное пособие входят учебные тексты с графическими иллюстрациями, рекомендации по применению комплекса для преподавателей и курсантов, описание и набор задач для тренажеров и учебных пакетов прикладных программ (ППП). Содержание учебных текстов определяют структуру и перечень учебных элементов УЭ (модулей), вид описания. Рекомендации по применению содержат возможные схемы использования комплекса (на аудиторных занятиях, при самоподготовке, при самостоятельном изучении темы и т.п.), инструкции по эксплуатации и поддержанию программно-информационного обеспечения. Описание задач включает формулировку и описание типовых задач, сборники задач для обеспечения многовариантной учебной работы, рекомендации по модификации и расширению сборников задач [4].

2. Состав автоматизированного учебного курса

Обязательным компонентом учебного комплекса является также АУК или набор автоматизированных курсов. АУК включает структурированную информацию и систему упражнений для осмысления и закрепления учебного материала после изучения пособия. Форма, содержание и тип упражнений, разрабатываемых для АУК, в существенной мере определяются показателями последовательного обучения по уровням усвоения, о чем будет сказано ниже. Необходимо иметь в виду, что возможности АУК, особенно для технических

дисциплин, ограничены преимущественно репродуктивным типом обучения из-за отсутствия в инструментальных авторских системах средств для математического моделирования. Поэтому целесообразно планировать АУК в основном для осмысления и запоминания теории.

Тренажеры не являются обязательными компонентами комплекса. Они необходимы только для тех учебных элементов, для которых требования репродуктивной деятельности курсантов не могут быть выполнены с помощью АУК. Комплекс может содержать несколько тренажеров. Основное их назначение - формирование и развитие практических умений и навыков, ускоренное накопление профессионального опыта. Тренажеры основаны на математическом моделировании объектов и процессов, для них пока не существует универсальных инструментальных средств. Поэтому процесс разработки тренажеров – это весьма трудоемкое дело. Однако их обучающий потенциал весьма высок. Иногда тренажеры используют и для развития творческих способностей, профессиональной интуиции, т.е. усвоения материала на уровне продуктивно-творческой деятельности.

3. Пакеты прикладных программ

Особое место в учебном комплексе занимают учебные пакеты прикладных программ (ППП). Диапазон их применения достаточно велик: от решения типовых задач по данной дисциплине до поисковых междисциплинарных исследований. Особенно велика потребность компьютерных средств решения этих частных задач в ходе курсового и дипломного проектирования, когда общая задача имеет комплексный характер и решается с помощью декомпозиции на ряд частных задач, относящихся к различным темам и дисциплинам. Поэтому целесообразно иметь в составе учебных комплексов для общепрофессионального цикла дисциплин такие ППП, которые позволяли бы (в отличие от тренажеров, имеющих заранее подобранный набор задач) решать задачи по теме комплекса, сформулированные самим обучаемым.

Анализ состава компьютерных систем учебного назначения, разрабатываемых в международной практике электронного обучения (e-Learning), позволяет выделить основные этапы проектирования полидисциплинарной ЭИОС применительно к общепрофессиональному циклу, а именно [5]:

– построение модели содержания учебного материала, с учетом междисциплинарных связей;

– формирование модели освоения учебного материала, с учетом специфики образовательного процесса в высших военных учебных заведениях;

– определение состава комплекса;

– написание рукописи учебного пособия;

– подготовка АУК;

– разработка сценариев для тренажеров;

– построение сценариев и алгоритмов для учебных пакетов прикладных программ с учетом эргономичесих требований к интерфейсу.

Построение модели содержания учебного материала начинают с формулировки требований по уровню представления. В последующих моделях формулируются требования к уровню усвоения, степени автоматизации (если это необходимо) и уровню осознанности.

4. Построение модели освоения учебного материала

При формировании модели освоения учебного материала рассматривается последовательность изучения учебных элементов УЭ (модулей) и устанавливаются логические связи между ними.

Показатели уровня усвоения учебного материала классифицируют глубину проникновения и качество владения курсантами учебным материалом. Такая классификация позволяет четко формулировать дидактические цели при проектировании учебного комплекса и на их основе определять его состав. Следует четко разделить какую часть элементов знания курсант должен уметь применять при решении задач (отрабатывается с применением учебных ППП) и владеть в практической деятельности (для этого необходимы тренажеры), а с какими-то элементами ему достаточно лишь познакомиться (знать - для того достаточно учебного пособия и АУК).

Освоение учебного материала курсантами с помощью ИКТ рассмотрим на конкретном примере построения индуктивной модели для дисциплины «Компьютерная графика» на кафедре общепрофессиональных дисциплин в Военном учебно-научном центре «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

Новая модель оценки введена в экспериментальном режиме, как дополнение к используемой в настоящее время модели оценки выполнения требований ФГОС. В качестве показателя освоения дисциплины курсантами выбрано количество освоенных дидактических единиц (ДЕ) основной образовательной программы (ООП).

Здесь и далее описание оценки освоения дисциплины приводится в применении к выборке курсантов ООП, принимавших участие в тестировании.

Показателем освоения дидактической единицы (ДЕ) дисциплины является процент правильно выполненных заданий этой ДЕ всеми курсантами, принимавшими участие в тестировании. ДЕ дисциплины считается освоенной, если показатель освоения ДЕ дисциплины не ниже критериального значения 50 %. Критерием освоения дисциплины является освоение всех её ДЕ.

Пример расчёта показателя освоения дисциплины «Компьютерная графика» выполнен по следующему алгоритму:

– все тестовые задания по дисциплине, предъявленные курсантам, группируются по принадлежности к отдельным ДЕ, как показано в таблице 1;

– для каждой ДЕ рассчитывается показатель освоения (процент правильно выполненных заданий от числа предъявленных заданий).

В таблице 1 по первой ДЕ курсантам были предъявлены 64 задания (по 4 задания каждому из 16 курсантов). В первой ДЕ правильно выполнено 38 заданий (суммарное количество правильно выполненных заданий этой ДЕ каждым из курсантов). Таким образом, показатель освоения первой ДЕ равен 59 % (38 заданий из 64 предъявленных); аналогичный расчет делается для остальных ДЕ.

Таблица

Группировка тестовых заданий по принадлежности к отдельным ДЕ для дисциплины «Компьютерная графика»

Курсант	Задание	ДЕ №1				ДЕ №2				ДЕ №3				ДЕ №4			
№	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
2	2	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
3	3	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
4	4	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
5	5	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
6	6	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
7	7	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
8	8	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
9	9	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
10	10	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1
11	11	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1
12	12	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1
13	13	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
14	14	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
15	15	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
16	16	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
		59% (38 из 64)				68% (44 из 64)				65% (42 из 64)				57% (37 из 64)			
		Показатели освоения ДЕ															

Результаты расчёта показателей освоения дисциплины «Компьютерная графика» представлены графически на рисунке 2. Показатели освоения всех ДЕ выше 50 %, то есть все ДЕ освоены. Дисциплина считается освоенной при условии освоения всех ДЕ дисциплины, следовательно, дисциплина «Компьютерная графика» освоена курсантами, принимавшими участие в тестировании.

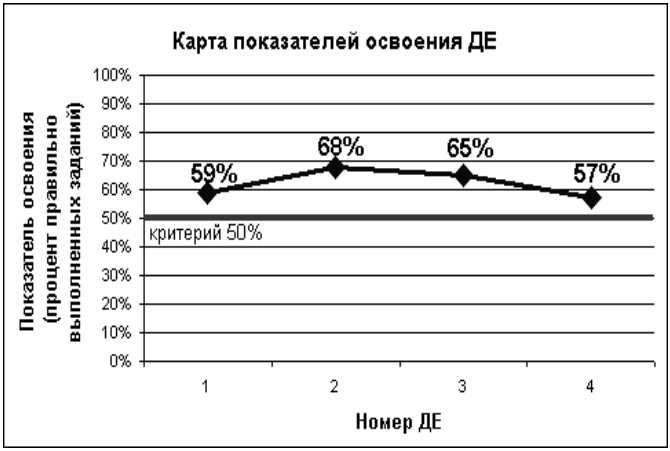


Рис. 2. Карта показателей освоения ДЕ

Для выработки умений и навыков в области компьютерной графики необходимо проводить междисциплинарное тестирование, которое представляет собой одновременное тестирование по определенным разделам всех дисциплин общепрофессионального цикла.

Основными предпосылками введения предлагаемой модели освоения дисциплины явились следующие причины [6].

– обеспечение полной согласованности показателя освоения дисциплины с показателями освоения отдельных ДЕ; (исключаются ситуации, в которых по действующей модели выборка курсантов демонстрирует низкий показатель освоения дисциплины при достаточно высоких коэффициентах освоения отдельных ДЕ и наоборот); ДЕ считается освоенной курсантами, принимавшими участие в тестировании, если показатель освоения ДЕ не ниже 50 %;

– акцентирование на системных недостатках в учебном процессе и выявление низких показателей освоения ДЕ;

– способность выявить вклад каждого из курсантов, в показатель освоения ДЕ;

– алгоритм расчёта показателя освоения дисциплины относительно прост (исключается промежуточный этап оценки освоения дисциплины каждым курсантом);

– возможность сравнительной оценки для традиционного и полидисциплинарного выборочного тестирования на основе единых алгоритмов и критериев;

– предлагаемая модель обеспечивает использование ДЕ с нечетным количеством заданий в структуре тестовых материалов.

Подготовка курсанта в области знаний общепрофессиональных дисциплин оценивается путём сравнения количества правильно выполненных заданий с критерием освоения, введенным согласно требованиям федеральных государственных образовательных стандартов.

При таком подходе курсант вместо дифференцированного тестирования по двум-трем общепрофессиональным дисциплинам выполняет один полидисциплинарный тест, представляющий задания по компьютерной графике. Полидисциплинарный тест позволяет выработать навыки и умения *выполнения и оформления конструкторской документации* в *общей* для всех ОПД *области знаний*. Выполнение полидисциплинарных тестов позволяет ввести элементы управления учебным процессом и стимулирует формирование ключевых компетенций, а именно стремление к инженерному самообразованию.

Заключение

Таким образом, сформированная в военном вузе объектно-ориентированная электронная информационно-образовательная среда, включающая в семя междисциплинарную систему тестирования, должна обеспечить не только квалификационные навыки, но и аттестацию знаний и умений курсантов, необходимые при изучении всего комплекса общепрофессиональных дисциплин. Разработка такой системы сложна и требует разбиения УЭ на отдельные логически связанные структурные единицы.

Список литературы

1. Шрейдер Ю. А. Экспертные системы, их возможности в обучении / Ю. А. Шрейдер // Вестник высш. шк. – М. 1987. – № 2. – С. 14-19.

2. Шапиро Э. Л. Компоненты знаний и их соотношения в сферах интеллектуальной деятельности / Э. Л. Шапиро // Вестник высш. шк. – М. 1990. – № 11. – С. 26-31.

3. Савельев А. Я., Новиков В. А., Лобанов Ю. И. Подготовка информации для автоматизированных обучающих систем /

А. Я. Савельев, В. А. Новиков, Ю. И. Лобанов. – М. : Высш. шк., 1986. – 176 с.

4. Талызина Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н. Ф. Талызина – М. : МГУ, 1975. – 211 с.

5. Лещенко Е. М. Теоретические основы проектирования интегрированной системы управления обучением: Монография / Е. М. Лещенко. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2004. – 136 с.

6. Формирование электронной информационно-образовательной среды для инженерного анализа в военном вузе (часть II) [Текст] / С. П. Кухарено, О. Л. Дзюбенко – М. : Изд-во РУСАЙНС, 2018. – 170 [7] – Библиогр: С. 162-168.

Применение программированного обучения в образовательном процессе вуза

Кухаренко С. П., e-mail: serp@rambler.ru[1]
Дзюбенко О. Л., e-mail: enot1881@mail.ru[1]
Смирнов Д. Н., e-mail: 48dimka54@mail.ru[1]

[1]ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *В статье рассматриваются методы построения обучающих программ программированного обучения в образовательном процессе вуза, разработанные схемы программированного обучения — линейная, разветвлённая, адаптивная и другие, которые могут быть реализованы с использованием компьютеров, программированных учебников, методических материалов и др.*

Ключевые слова: *функциональное программированное обучение, обучающие программы, линейное, разветвлённое и адаптивное программирование.*

Введение

Применение функционального программированного обучения в образовательном процессе вуза при преподавании дисциплин, в частности, общепрофессиональных, весьма перспективно, но его возможности могут быть реализованы с определенной эффективностью лишь при условии соблюдения научно обоснованного алгоритма обучения:

- продвижение обучаемого от незнания к Знанию;
- от знания к Умению;
- от умения к Навыку;
- от ЗУН к компетентности.

Под информатизацией обучения в современной дидактике чаще всего понимается использование вычислительной техники и связанных с ней информационных технологий в образовательном процессе вуза как средств управления познавательной деятельностью обучающихся и предоставления преподавателю и обучающемуся необходимой текстовой и наглядной информации, дополняющей содержание образования.

Потенциальные возможности образовательных программ подвергались интенсивной дискуссии, но при этом очень мало было

© Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., 2020

сказано относительно конкретной методики, обеспечивающей успешное программирование.

В целом программированное обучение можно рассматривать как формализацию образовательного процесса с максимально возможным устранением субъективного фактора непосредственного общения между преподавателем и обучающимся. В статье представлены основные методы построения обучающих программ для общепрофессионального цикла с учетом профессиональных функций обучающихся на практических примерах образовательного процесса дисциплин кафедры общепрофессиональных дисциплин Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж).

1. Линейное программирование

Линейное программирование в области знаний начертательной геометрии дает возможность обучающемуся путем «подсказок» и «стимулов-указаний» дать правильный ответ.

В первой порции обучающемуся предъявляется небольшой объем информации, и от него требуется дать ответ, вписав в соответствующем месте пропущенные слова или предложения.

Пример.

1. Проекции геометрических элементов (фигур):

V – «……» плоскость проекций.

2. Проекции точек обозначаются строчными буквами латинского алфавита с добавлением индекса:

a′, b′, c′, d′ – какие проекции имеют такое обозначение «…….»

3. Px, Py, Pz или PV, PH, PW – как обозначаются точки схода плоскостей «……» (обозначаются с индексом соответствующей оси).

4. PV, PH, PW или Px, Py, Pz - как обозначаются следы «……» плоскостей «……» (обозначаются с индексом соответствующей плоскости).

Важной особенностью линейного программирования является то обстоятельство, что обучающийся практически выписывает или «конструирует» ответ. Составленный самим обучаемым ответ заставляет его более глубоко продумать материал и позволяет добиться лучшего понимания, чем при выборе правильного ответа из предоставленного ему набора готовых ответов. Программа, таким образом, не экзаменует обучающихся, а обучает, требуя от них дать явно выраженный, продуманный и самостоятельный ответ. Такие программы иногда называют Smart-конспектами.

Линейные программы бывают двух видов, как показано на рисунке 1. Первый из них характеризуется тем, что обучающийся изучает последующую порцию (дозу) материала независимо от того, правильно ли выполнил задание по предыдущей порции. Этот вид линейной программы хорошо реализуется в программированных электронных учебниках. Если начальный уровень (модуль) знаний освоен, то «малые шаги» в линейной программе и малая скорость развертывания материала, при его подаче, становятся недостаточно эффективными.

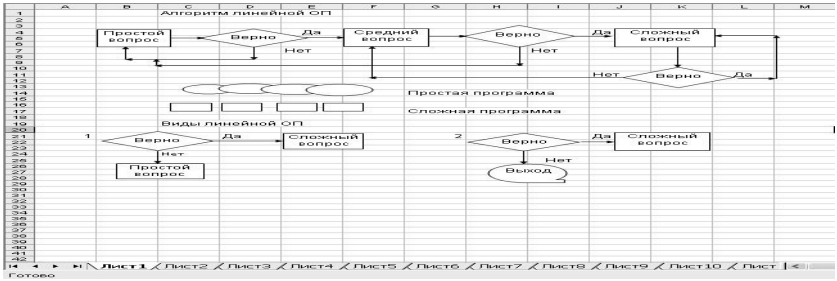


Рис. 1. Алгоритм линейного программирования

2. Разветвленное программирование

Для более подготовленных обучающихся более эффективно применять разветвленное программирование, алгоритм которого показан на рисунке 2.

Разветвленное программирование (метод Краудера) основывается на выборе ответов из набора предложенных (схема множественного выбора.

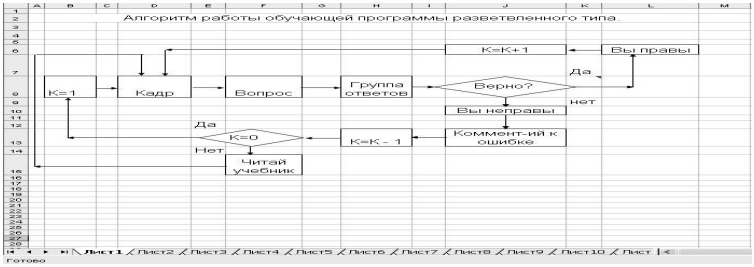


Рис. 2. Алгоритм разветвленного программирования

Основным структурным элементом при разветвленном программировании является кадр, который обычно состоит из раздела материала объемом от 30 до 70 слов, хотя в некоторых случаях объем

информации в кадре может быть и увеличен. За этой информацией следует вопрос с выбором ответа, и выбранный ответ автоматически определяет следующую порцию материала. Если обучающийся выбрал правильный ответ, ему сообщается, что он прав, и разъясняется, почему он прав, причем одновременно предлагается следующая порция информации. Если обучающийся выбрал неверный ответ, ему сообщается, что он ошибся, и разъясняется вероятная причина ошибки. После этого он либо снова отсылается к первой порции информации, чтобы сделать новую попытку выбора правильного ответа, либо же ему перед возвращением к исходной или последующей порции дается вспомогательный поясняющий материал.

Приведем пример фрагмента разветвленной программы «Электронный конспект лекций по дисциплине «Начертательная геометрия»» [1, 2] состоящей из четырех порций П1...П4. Полностью успевающий обучающийся будет переходить от порции П1 через порции П2 и П3 к порции П4. Если он делает простую ошибку по материалу порции П2, то будет отослан к поясняющей порции П2А или П2Б. Там он узнает, что он ошибся, и получит разъяснения относительно вероятного характера его ошибки. После этого ему будет предложено вернуться к порции П2, чтобы второй раз попытаться ответить на вопрос. При выполнении порции П3 предусмотрены разветвления из последовательно включенных вспомогательных порций П3А, П3Б, П3В при серьезной ошибке. В этом случае обучающемуся будет не только указано, что он ошибся, но, помимо этого, материал порции П3 будет разбит на более мелкие части П3А, П3Б, П3В с дополнительными иллюстрирующими примерами.

Таким образом, способный обучающийся, который будет иметь дело только с порциями П1, П2, П3 и П4, пройдет материал гораздо быстрее, чем обучающийся, которому придется обращаться к вспомогательным порциям, т.е. время, которое обучающийся затратит при обучении, будет зависеть не только от скорости, с которой он проходит каждую из предложенных ему порций, но также и от количества информации, с которой ему придется иметь дело во вспомогательных порциях [3].

С программой по системе Краудера обычно связывают выбор правильного ответа из ряда готовых ответов. Однако нет причин, по которым и в этом случае нельзя было бы применять конструирование ответа.

3. Адаптивное программирование

Адаптивное программирование, алгоритм которого представлен на рисунке 3, основано на гипотезе, что некоторое количество ошибок

необходимо для обучения навыкам, т.е. если не будет сделано ошибок, эффект обучения будет меньше.

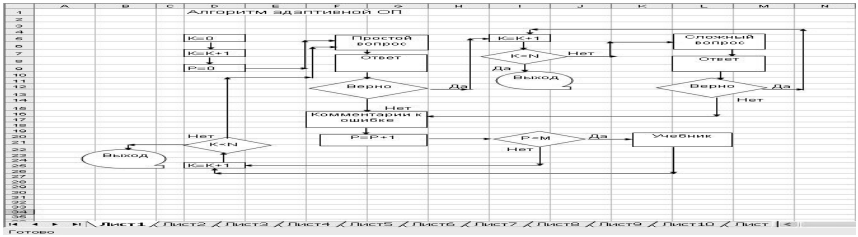


Рис. 3. Алгоритм адаптивного программирования

При этом количество допущенных ошибок используется следующим образом:

– как только процент ошибок падает ниже определенного уровня, автоматически повышается степень трудности программы обучения;

– как только процент ошибок возрастает выше определенного уровня, автоматически понижается степень трудности; одновременно обучающийся получает «указывающую информацию», которая помогает ему выбрать правильный ответ и предлагает дополнительные упражнения по тем вопросам, усвоение которых дается с наибольшим трудом. Обучающая программа (ОП) накапливает сведения о точности ответов и скорости работы обучающегося в течение периода обучения, в результате чего можно судить о материале, вызывающем наибольшие трудности.

Большинство зарубежных психологов отдают предпочтение линейным программам, в виде Smart-конспектов усматривая их преимущества в том, что обучаемый прорабатывают весь материал, не упустив ничего существенного; для реализации линейных программ требуются менее сложные алгоритмы обработки информации.

Из опыта отечественных учебных заведений [1, 2] следует, что линейные программы лучше использовать тогда, когда необходимо, чтобы обучаемые запомнили определенные факты, определения, числовые данные, усвоили содержание понятий, когда у них должны быть сформированы некоторые навыки интеллектуального и практического характера. *Разветвленную же программу* целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо не просто запомнить факты, но и уметь объяснить их сущность, *не только усвоить понятия, но и уметь применить их для решения различных задач*, т.е. выйти на уровень усвоения $\alpha=2$, или $\alpha=3$.

Следует отметить еще один важный момент, влияющий на эффективность ОП, — это тип ответа: конструируемый, выборочный (альтернативный) или кодированный. По вопросу о том, какому типу ответа следует отдать предпочтение, имеются различные мнения. Сторонники конструируемых ответов уверены, что такой ответ наиболее естественен, не вникая в существующие на сегодняшний день возможности практической реализации. Сторонники выборочных ответов предполагают, что в этом случае можно легко реализовать разветвленную программу. Некоторые психологи считают выборочные ответы такими же эффективными, как и конструируемые, особенно если обучаемый уже имеет некоторое представление об изучаемом материале. При кодированном ответе (разновидность конструируемого) слова или фразы, используемые для ответа, кодируются числами или иными символами.

Заключение

Программированное обучение заключается в стремлении повысить эффективность управления образовательным процессом вуза на базе кибернетического подхода. В своей основе программированное обучение подразумевает работу обучающегося по программе с учетом его профессиональных функций, в процессе выполнения которой, он овладевает знаниями. Роль преподавателя сводится к отслеживанию психологического состояния слушателя и эффективности поэтапного освоения им учебного материала, а, в случае необходимости, регулированию программных действий. В соответствии с этим были разработаны различные схемы, алгоритмы программированного обучения — линейная, разветвлённая, адаптивная и другие, которые могут быть реализованы с использованием компьютеров, программированных учебников, методических материалов и др.

Список литературы

1. Самарин Ю. А. Очерки психологии ума. / Ю. А. Самарин. – М. : Изд-во АПН РСФСР, 1962. – 214 с.

2. Беспалько В. П. Основы теории педагогических систем. / В.П. Беспалько. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1977. – 303 с.

3. Кухаренко С.П. Формирование электронной информационно-образовательной среды для инженерного анализа в военном вузе (часть I) [Текст] / С. П. Кухарено, О. Л. Дзюбенко – М. : Изд-во РУСАЙНС, 2018. – 138 [7] – Библиогр: С. 133-137.

Экспериментальное исследование распределенного LP-вывода методами математической статистики

М. В. Лещинская, email: maria-leshchinskaya@mail.ru
С. Д. Махортов, email: msd_exp@outlook.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Одна из важных задач теории LP-структур – повышение эффективности обратного вывода. LP-вывод основан на стратегиях вычисления специальных параметров, называемых показателями релевантности. Эти стратегии реализуются алгоритмами, адаптированными к конкретной предметной области. В случае распределенных интеллектуальных систем стратегии подсчета показателей релевантности должны учитывать распределенный характер системы. Настоящая работа представляет результаты исследования алгоритмов распределенного LP-вывода, проведенного методами математической статистики при помощи пакета Statistica.*

Ключевые слова: *LP-структура, распределенная интеллектуальная система, релевантный обратный вывод, показатели релевантности.*

Введение

Интеллектуальные системы продукционного типа находят широкое применение в различных предметных областях. Однако для их практического использования требуется значительный объем вычислительных ресурсов. В частности, логический вывод обычно сопровождается интенсивным обменом данными с внешней памятью или интерактивным пользователем.

В статье [1] был предложен новый метод обратного продукционно-логического вывода – релевантный LP-вывод. В работах [2-3] было введено и исследовано понятие распределенной LP-структуры, открывающее возможности для распространения преимуществ разработанной ранее теории на распределенные интеллектуальные системы. Для стратегий распределенного LP-вывода, наряду с ранее известными показателями релевантности [1], потребовались новые, порожденные особенностями распределенного характера обратного вывода. В статье [4] были предложены дополнительные показатели релевантности и алгоритмы их подсчета для распределенного LP-вывода.

© Лещинская М. В., Махортов С. Д., 2020

Настоящая работа развивает указанное направление. Она посвящена исследованию стратегий и алгоритмов подсчета релевантности в распределенном LP-выводе. Для объективной демонстрации возможностей такого логического вывода было создано несколько баз знаний, существенно отличающихся по объему и структуре множеств правил. В процессе тестирования получены количественные и временные показатели выполнения алгоритмов распределенного LP-вывода. Результаты проведенных экспериментов обработаны в пакете Statistica 12.

Установлено, что представленные алгоритмы позволяют уменьшить количество внешних запросов в процессе обратного вывода, а также снизить трафик в узлах вычислительной сети, используемой для функционирования распределенной LP-структуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

1. Компьютерная реализация LP-структур

В работе [4] были предложены и проанализированы стратегии и алгоритмы подсчета показателей релевантности в распределенном LP-выводе. Эвристически ясно, что новая методика позволяет уменьшить количество внешних запросов в процессе обратного вывода, а также снизить интенсивность обмена информацией между узлами вычислительной сети, хранящей базу знаний распределенной интеллектуальной системы. Однако требуются экспериментальные подтверждения и численные оценки достигаемых результатов.

Основная цель настоящей работы – продемонстрировать возможности практического применения метода распределенного LP-вывода с использованием различных стратегий подсчета релевантности. С этой целью ниже описывается модификация интегрированной среды разработки и эксплуатации продукционных систем LPExpert [5].

Пакет LPExpert был расширен новыми стратегиями подсчета релевантности, учитывающими распределенный характер интеллектуальной системы, а также функциональностью распределенных LP-структур и распределенного LP-вывода (библиотека DistributedLPStructure).

Ниже рассматриваются вопросы кодирования распределенных LP-структур, основанного на известном представлении решеток битовыми векторами [6, 7]. Обсуждаются особенности и интерфейс объектно-ориентированного класса DistributedLPStructure, который непосредственно инкапсулирует свойства и методы распределенной LP-структуры.

1.1. Кодирование распределенной LP-структуры

Задача компьютерного представления LP-структуры, в том числе распределенной, зависит от кодирования лежащей в ее основе математической решетки. Вопросы компьютерной реализации решеток в виде бит-векторов были рассмотрены в [6].

Эффективность операций (поиск, добавление, удаление элементов) обеспечивается возможностью хранения множества в виде сбалансированного бинарного дерева [7]. В связи с данным обстоятельством, каждому элементу множества должен соответствовать уникальный ключ, который должен размещаться в слове или двойном слове компьютера. Такое решение позволит сравнивать элементы множества посредством сравнения ключей, выполняемого за константное время.

Определяющее LP-структуру бинарное отношение естественным образом представляется в виде множества пар. Пара элементов решетки хранится как пара ссылок на соответствующие битовые векторы. Так как эти ссылки содержатся в смежных частях двойного целого числа, то данное число может быть выбрано в качестве ключа, о котором говорилось выше.

При реализации ряда алгоритмов LP-структур для хранения канонических отношений на решетке применяется представление в виде вектора множеств [8]. Правая часть канонической пары представляет атом решетки, левая – объединение атомов. Каноническому отношению в памяти компьютера соответствует массив, который отображает подмножество элементов решетки. Индекс массива – номер атома решетки, а содержимое элемента массива – множество элементов решетки, составляющих с текущим атомом пары.

В силу определения распределенной LP-структуры задача кодирования LP-структуры дополняется вопросом кодирования узлов. Каждому атому решетки ставится в соответствие совокупность узлов вычислительной сети, где этот атом хранится (рис. 1).

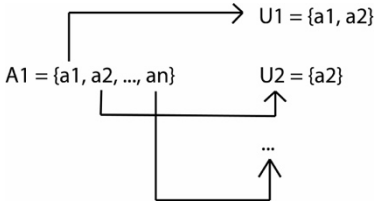


Рис. 1. Пример связи атома и множества узлов вычислительной сети

1.2. Архитектура класса DistributedLPStructure

Рассмотрим общую структуру и особенности построения класса DistributedLPStructure, который реализует упомянутые выше распределенные LP-структуры. Его разработка и реализация выполнялись на языке C++, также для реализации контейнерных типов данных была использована библиотеке STL (Standard Template Library).

В классе DistributedLPStructure определены типы Node и DPair. Тип Node предполагает хранение адреса узла. Тип DPair содержит пару величин Elem-Node, то есть предназначен для хранения пары атом-узел (точнее, их адресов), информирующей о том, какой атом (факт базы знаний) хранится на текущем узле. Реализован тип ElemContainer как set<Elem>, представляющий множество элементов, хранимых на узле Node.

Также для представления множеств узлов распределенной LP-структуры применяется тип NodeContainer в виде set<Node>. Для хранения отношений вида Elem-Node можно использовать тип DPairContainer.

Таким образом, перечислены основные типы, используемые в классе DistributedLPStructure.

1.3. Базовая функциональность DistributedLPStructure

Основные методы класса DistributedLPStructure предназначены для обеспечения стандартных операций при работе с распределенной LP-структурой. К таковым относятся функции, прототипы которых перечислены ниже.

bool insert (Node node); // Добавление узла

bool insert (Node node, const Elem fact); // Добавление атома fact в узел node

bool del (Node node); // Удаление узла

bool del (Node node, const Elem fact); // Удаление атома fact из узла node

int kolNodesMeet (ElemContainer elem, NodeContainer nodes); // Количество узлов, которое выдает отображение NodeMeet от некоторого прообраза elem

int kolNodesJoin (ElemContainer elem, NodeContainer nodes); // Количество узлов, которое выдает отображение NodeJoin от некоторого прообраза elem

bool randomElem (ElemContainer elem, NodeContainer nodes); // Рандомное распределение атомов решетки по узлам вычислительной сети

int nodesMeetMax (ElemContainer elem, int kolNodesMeet); // Поиск значения, равного максимальному количеству узлов среди значений отображения NodesMeet(A_i)

bool nodesMeetVSnodesJoin (ElemContainer elemMeet, ElemContainer elemJoin, int kolNodesMeet, in kolNodesJoin); // Проверка равенства множеств NodesJoin(A_i) и NodesMeet(A_i).

1.4. Модификация LPExpert

Рассматриваемая здесь модификация пакета LPExpert [5] в основном связана с расширением понятия *распределенной* LP-структуры. Новые возможности пакета обеспечивает модуль интерфейса класса DistributedLPStructure. Они открываются для использования при запуске программы в случае обнаружения dll-файла DistributedLPStructure.dll.

По окончании компиляции базы знаний, при наличии загруженной библиотеки DistributedLPStructure.dll, каждому факту (атому) присваивается «адрес хранения» – адрес непустого узла сети из множества узлов, доступных в данный момент в текущей распределенной LP-структуре. Атомами соответствующей решетки являются пары «объект = значение». Количество атомов, хранящихся на одном узле, определяется случайным образом.

Так, например, пусть имеется прообраз A, состоящий из следующих атомов $\{a_1, a_2, \ldots, a_n\}$. На узле U_1 может храниться множество атомов $\{a_1\}$, на узле U_2 – $\{a_1, a_2\}$, на узле U_3 – $\{ a_1, a_2, \ldots, a_n \}$.

После того, как работа с новым классом по расширении LPExpert настроена, можно использовать все возможности DistributedLPStructure, а именно – анализировать реализованные алгоритмы и непосредственно работать с ними, выполняя следующие операции [4]:

1) распределенный LP-вывод, основанный на 3-ем параметре релевантности;

2) распределенный LP-вывод, основанный на 4-ом параметре релевантности.

Так как с пакетом LPExpert работа осуществляется в терминах базы знаний, то для взаимосвязи с классом DistributedLPStructure данный модуль содержит ряд интерфейсных функций, написанных на языке Object Pascal:

Node = ULONG; // Узел – элемент распределенной LP-структуры

DPair = Int64; // Пара атом-узел на распределенной LP-структуре

procedure PreImagesMaxCountWithDLPStructure (const aDistrEvent: DlpsEventHandler); // Посчитать релевантность для распределенной LP-структуры.

В LPExpert реализовано еще несколько новых функций, поддерживающих стратегии релевантности и распределенный LP-вывод.

Если параметр typeRelevanceDLP равен 3, то вызывается процедура procedure getRelevantWithNodesMeet ();

Она реализует метод LP-вывода с подсчетом релевантности, опирающимся на присутствие атома в прообразе A таком, что в NodesMeet(A) содержится наибольшее количество узлов.

Внутри данного метода происходит обращение к функции kolNodesMeet(A_i), которая определяет количество узлов, содержащихся в отображении NodesMeet(A_i).

Если typeRelevanceDLP равен 4, то вызывается процедура procedure getRelevantWithNodesMeetAndNodesJoin(); Она инициирует подсчет релевантности, опирающийся на присутствие атома в прообразе A таком, что NodesMeet(A)=NodesJoin(A).

Внутри данного метода происходит обращение к функции kolNodesJoin(A_i), которая определяет количество узлов, содержащихся в отображении NodesJoin(A_i), а также обращение к функции kolNodesMeet(A_i), которая определяет количество узлов, содержащихся в отображении NodesMeet(A_i).

В новой версии пакет LPExpert дополнен несколькими режимами и теперь можно работать с распределённой интеллектуальной системой. Для того, чтобы выбрать тот или иной алгоритм распределенного LP-вывода, пользователю необходимо перейти в меню Работа -> Режимы -> DLP-вывод. В текущей вкладке реализована возможность выбора стратегии подсчета релевантности с помощью CheckBox.

NodesMeet() – распределенный вывод, где атом повышает приоритет своей релевантности на Z_i в случае, если содержится в прообразе A таком, что отображение NodesMeet(A) выдает максимальное количество узлов. Z_i – количество узлов.

NM()=NJ() – распределенный вывод, где атом повышает приоритет своей релевантности на 1 в случае, если содержится в прообразе A таком, что отображения NodesMeet(A)=NodesJoin(A).

Таким образом, описанные выше расширения пакета LPExpert обеспечивают реализацию распределенного вывода с выбором способов подсчета релевантности.

Ниже по шагам представлено описание последовательности действий пользователя для работы с распределенным LP-выводом (рис.2).

Compil. Загрузка файла базы знаний, состоящей из правил, которые в свою очередь образованы атомами (фактами). Генерируется

распределенная LP-структура, состоящая из обычной LP-структуры и узлов сети. Доступ к ней получает пакет LPExpert. Каждому атому (факту) выделяется место на узлах.

Options. Выбор алгоритма подсчета релевантности распределенного LP-вывода, по умолчанию выбирается алгоритм, основанный на 3-м параметре.

ExpertGoDLP. Формирование рейтинга приоритетов релевантности на основе выбранной стратегии, поиск истинных прообразов и проверка гипотезы на истинность.

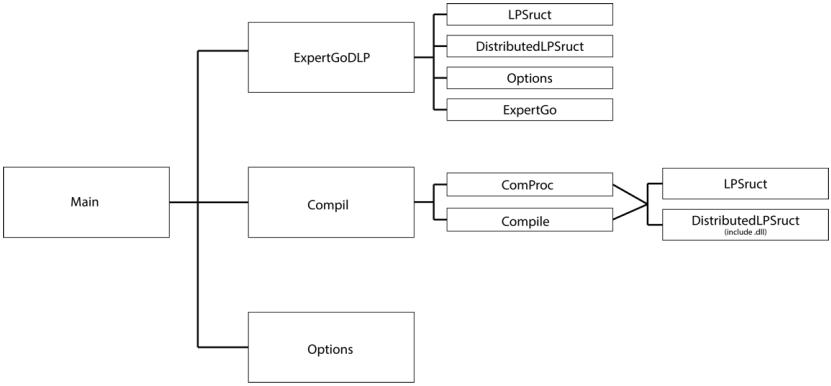


Рис. 2. Схема работы распределенного LP-вывода

2. Анализ методами математической статистики

При статистическом исследовании некоторого процесса на различных шагах имеется потребность в формулировании и экспериментальной проверке некоторых утверждений (гипотез).

Статистическая гипотеза – это любое утверждение о виде или свойствах распределения наблюдаемых в эксперименте случайных величин. Выдвинутая гипотеза H0 является нулевой или основной, H1, которая противоречит нулевой, – конкурирующей (альтернативной).

После получения выборки из генеральной совокупности, на её основании выдвинутая гипотеза проверяется.

2.1. Анализ алгоритмов распределенного LP-вывода

Согласно работе [4], 3-й параметр релевантности отдает приоритет тому атому некоторого прообраза A, отображение *NodeMeet(A)* которого выдает наибольшее количество узлов, а 4-й параметр релевантности повышает приоритет атома, который хранится в таком прообразе A, что NodesMeet(A)=NodesJoin(A).

Для сравнительного исследования эффективности алгоритмов распределенного LP-вывода (со значением количества узлов = 10) возьмем выборки данных в количестве 2 (при объемах $n_1=n_2=25$), которые были получены вследствие экспериментов. Они представляют собой количество запросов к внешним источникам информации соответственно в распределенном выводе, основанном на 3-ем параметре релевантности, и распределенном выводе, основанном на 4-ом параметре релевантности.

2.1.1. Сравнение дисперсий генеральных совокупностей

Вначале сравним дисперсии генеральных совокупностей σ_X^2 и σ_Y^2 используя F-критерий Фишера [9].

Пусть есть две выборки, объемы которых $n_1=n_2=25$. Здесь n_1, n_2 представляют собой временные данные выполнения алгоритмов распределенного вывода, основанного на 3-ем и 4-ом параметрах релевантности соответственно. Первоначально выясним, действительно ли методы одинаково эффективны. Нулевая гипотеза H_0 : $\sigma_X^2 = \sigma_Y^2$, уровень значимости q=0.01, при этом альтернативная гипотеза состоит в предположении о том, что эффективность метода распределенного LP-вывода, основанного на 3-ем параметре релевантности, выше, H_1 : $\sigma_X^2 > \sigma_Y^2$.

Выполним поиск выборочных дисперсий, а затем найдем исправленные выборочные дисперсии генеральных совокупностей.

$$S_v^2 = \frac{\sum v_i^2 - \frac{\left|\sum v_i\right|^2}{n_1}}{n_1 - 1} = 1065,3803,\ S_u^2 = \frac{\sum u_i^2 - \frac{\left|\sum u_i\right|^2}{n_2}}{n_2 - 1} = 907,4857$$

Далее, двигаясь по шагам алгоритма, находим отношение дисперсий S_v^2 и S_u^2:

$$F_{набл} = \frac{S_X^2}{S_Y^2} = \frac{S_X^2}{S_Y^2} = 1,173$$

Согласно условию задачи альтернативная гипотеза H_1 имеет вид $\sigma_X^2 > \sigma_Y^2$, а значит критическая область является односторонней, следовательно, при поиске критической точки необходимо брать уровни значимости равными q=0.01, причем число степеней свободы следующее: $v_1=n_1-1=24$, $v_2=n_2-1=24$. Таким образом, находим

критическую точку $F_{кр}(0.01,\ 24,\ 24) = 1{,}701$ (таблица критериев Фишера).

Поскольку $F_{набл} < F_{кр}$, гипотезу $H_0: \sigma_X^2 = \sigma_Y^2$ отвергаем – дисперсии различаются существенно (значимо). А значит, целесообразно обратить внимание на конкурирующую гипотезу о том, что распределенный LP-вывод, основанный на 3-ем параметре релевантности, обеспечивают большую эффективность. К тому же метод DLP-вывода, основанный на 3-ем параметре релевантности, обеспечивает наименьшую дисперсию, а значит действительно может являться более эффективным алгоритмом из двух рассматриваемых.

2.1.2. Сравнение средних генеральных совокупностей

После метода сравнения дисперсий генеральных совокупностей применим метод сравнения средних нормальных генеральных совокупностей, в количестве 2. Обычно для решения таких задач, когда распределения близки к нормальному, используется t-test (t-критерий Стьюдента) [9]. Итак, имеем уровень значимости q=0.01. Выясним, значимо ли отличаются друг от друга результаты экспериментов (в случае, если они распределены нормально).

Пусть есть некоторая нулевая гипотеза $H_0: a_1=a_2$, тогда как альтернативная гипотеза – $H_1: a_1>a_2$. Тогда оценки дисперсий и средних будут следующими:

$$\overline{x_1} = 42,64,\ \overline{x_2} = 36,32\ ,\ S_1^2 = 1065,3803,\ S_2^2 = 907,4857$$

Сначала необходимо проверить гипотезу H_0 о равенстве дисперсий: $\delta_X^2 = \delta_Y^2$: $\dfrac{S_1^2}{S_2^2} = 1{,}173$. Так как $F_{кр}(0.01,\ 24,\ 24) = 1{,}701$ (таблица критериев Фишера), то данная гипотеза H_0 отвергается. Теперь рассчитаем выборочное значение статистики критерия: t = 3,064, причем число степеней свободы $k=n_1+n_2-2=48$.

Так как $t_{кр} = 1{,}708$ (таблица критических точек распределения Стьюдента), гипотеза о равенстве средних H_0 отвергается и принимается альтернативная гипотеза H_1.

Полученное выше эмпирическое значение t = 3,064 действительно находится в зоне значимости, а значит средние результаты измерений существенно (значимо) различаются. Таким образом, распределенный вывод, основанный на 3-м параметре релевантности, обеспечивает большую эффективность, чем распределенный вывод, основанный на 4-ом параметре релевантности, то есть при DLP-выводе по 3-му

параметру количество запросов к базе данных или пользователю существенно меньше.

В данных алгоритмах важно, чтобы распределение случайных величин было нормальным. Некоторые исследования показывают, что описанные методы устойчивы (особенно для выборок больших объемов) относительно отклонения к нормальному распределению [9].

2.1.3. Анализ в Statistica 12

Объем выборки в рассматриваемых экспериментах равен количеству проведенных тестов, то есть 25. Количество фактов созданной БЗ является случайной величиной, распределенной по дискретному равномерному закону. Две независимые группы наблюдений – количество вопросов, заданных пользователю при двух способах распределенного LP-вывода – являются функциями этой случайной величины, а также зависят от случайного распределения атомов (фактов БЗ) по узлам.

Проверим предположение о нормальности распределения с помощью гистограммы. Воспользуемся специальным модулем, имеющимся в Statistica, Distribution fitting (Подгонка распределения). Он позволяет проверить соответствие анализируемых данных некоторым математическим распределениям, в том числе – нормальному распределению. Результат работы Distribution fitting представлен на рис. 3 – для 3 параметра релевантности и на рисунке рис. 4 – для 4 параметра релевантности.

Variable: DLP-NM, Distribution: Normal (Лист1 in dlp)
Chi-Square = 1,08536, df = 1 (adjusted) , p = 0,29750

Upper Boundary	**Observed Frequency**	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 1,50000	0	0	0,00000	0,0000	0,231792	0,23179	0,92717	0,9272	-0,23179
2,00000	1	1	4,00000	4,0000	0,239315	0,47111	0,95726	1,8844	0,76069
2,50000	0	1	0,00000	4,0000	0,423474	0,89458	1,69390	3,5783	-0,42347
3,00000	2	3	8,00000	12,0000	0,694580	1,58916	2,77832	6,3566	1,30542
3,50000	0	3	0,00000	12,0000	1,055983	2,64514	4,22393	10,5806	-1,05598
4,00000	3	6	12,00000	24,0000	1,488098	4,13324	5,95239	16,5330	1,51190
4,50000	0	6	0,00000	24,0000	1,943778	6,07702	7,77511	24,3081	-1,94378
5,00000	5	11	20,00000	44,0000	2,353437	8,43046	9,41375	33,7218	2,64656
5,50000	0	11	0,00000	44,0000	2,641190	11,07165	10,56476	44,2866	-2,64119
6,00000	5	16	20,00000	64,0000	2,747502	13,81915	10,99001	55,2766	2,25250
6,50000	0	16	0,00000	64,0000	2,649220	16,46837	10,59688	65,8735	-2,64922
7,00000	4	20	16,00000	80,0000	2,367768	18,83614	9,47107	75,3446	1,63223
7,50000	0	20	0,00000	80,0000	1,961560	20,79770	7,84624	83,1908	-1,96156
8,00000	4	24	16,00000	96,0000	1,506278	22,30398	6,02511	89,2159	2,49372
8,50000	0	24	0,00000	96,0000	1,072133	23,37611	4,28853	93,5044	-1,07213
9,00000	1	25	4,00000	100,0000	0,707347	24,08346	2,82939	96,3338	0,29265
9,50000	0	25	0,00000	100,0000	0,432569	24,51602	1,73028	98,0641	-0,43257
< Infinity	0	25	0,00000	100,0000	0,483975	25,00000	1,93590	100,0000	-0,48398

Рис. 3. Distribution Fitting (Normal) в Statistica по данным DLP-вывода, основанного на 3-м параметре релевантности

Variable: DLP - NM=NJ, Distribution: Normal (Лист1 in tabl)
Chi-Square: ------ , df = 0 , p = ---

Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 1,50000	0	0	0,00000	0,0000	0,197426	0,19743	0,78971	0,7897	-0,19743
2,00000	1	1	4,00000	4,0000	0,188166	0,38559	0,75266	1,5424	0,81183
2,50000	0	1	0,00000	4,0000	0,325081	0,71067	1,30032	2,8427	-0,32508
3,00000	0	1	0,00000	4,0000	0,526550	1,23722	2,10620	4,9489	-0,52655
3,50000	0	1	0,00000	4,0000	0,799623	2,03685	3,19849	8,1474	-0,79962
4,00000	5	6	20,00000	24,0000	1,138491	3,17534	4,55396	12,7014	3,86151
4,50000	0	6	0,00000	24,0000	1,519751	4,69509	6,07900	18,7804	-1,51975
5,00000	2	8	8,00000	32,0000	1,902017	6,59711	7,60807	26,3884	0,09798
5,50000	0	8	0,00000	32,0000	2,231803	8,82891	8,92721	35,3156	-2,23180
6,00000	7	15	28,00000	60,0000	2,455254	11,28416	9,82102	45,1367	4,54475
6,50000	0	15	0,00000	60,0000	2,532426	13,81659	10,12970	55,2664	-2,53243
7,00000	2	17	8,00000	68,0000	2,448930	16,26552	9,79572	65,0621	-0,44893
7,50000	0	17	0,00000	68,0000	2,220321	18,48584	8,88128	73,9434	-2,22032
8,00000	5	22	20,00000	88,0000	1,887359	20,37320	7,54943	81,4928	3,11264
8,50000	0	22	0,00000	88,0000	1,504154	21,87735	6,01662	87,5094	-1,50415
9,00000	2	24	8,00000	96,0000	1,123904	23,00126	4,49562	92,0050	0,87610
9,50000	0	24	0,00000	96,0000	0,787345	23,78860	3,14938	95,1544	-0,78735
10,00000	1	25	4,00000	100,0000	0,517130	24,30573	2,06852	97,2229	0,48287
10,50000	0	25	0,00000	100,0000	0,318443	24,62417	1,27377	98,4967	-0,31844
< Infinity	0	25	0,00000	100,0000	0,375825	25,00000	1,50330	100,0000	-0,37583

Рис. 4. Distribution Fitting (Normal) в Statistica по данным DLP-вывода, основанного на 4-м параметре релевантности

Получим гистограмму распределения данных и колоколообразную красную кривую, соответствующую ожидаемому нормальному распределению (рис. 5 – для 3-го и 4-го параметров релевантности).

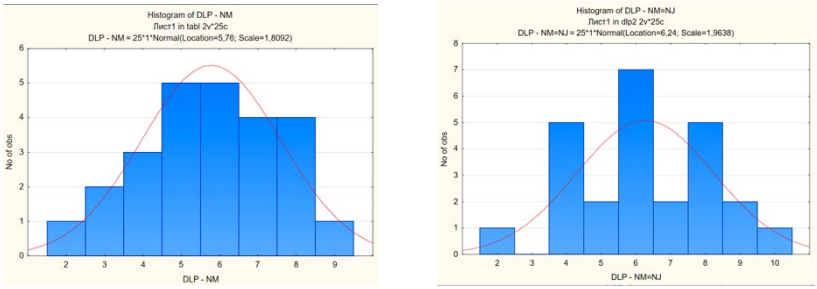


Рис. 5. Гистограмма выборки значений для алгоритма распределенного LP-вывода, опирающегося на 3-й параметр релевантности (слева), и распределенного LP-вывода, опирающегося на 4-й параметр релевантности (слева)

Сделав описательную статистику при помощи модулей Statistica, получим таблицу (рис. 6 – для 3-го параметра релевантности, рис. 7 – для 4-го параметра релевантности).

DLP-вывод, основанный на 3-ем параметре релевантности

Близкие по своему значению Mean и Median уже косвенно говорят о том, что выборка нормально распределена. Так как стандартная ошибка о симметрии Sts.Err.Skewness больше коэффициента асимметрии Skewness по модулю менее, чем в 3 раза, гипотеза о нормальности данного распределения принимается. Со значением эксцесса Std.Err.Kurtosis – Kurtosis ситуация аналогична.

	Descriptive Statistics (Лист1 in dlp)							
Variable	**Mean**	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
DLP-NM	5,760000	6,000000	2,000000	9,000000	-0,207178	0,463684	-0,583825	0,901721

Рис. 6. Описательная статистика для DLP вывода (3-й параметр)

DLP-вывод, основанный на 4-ом параметре релевантности

Близкие по своему значению Mean и Median уже косвенно говорят о том, что выборка нормально распределена. Так как ошибка эксцесса Std.Err.Kurtosis больше коэффициента эксцесса Kurtosis по модулю менее, чем в 3 раза, то гипотеза о нормальности данного распределения не отклоняется. Но при этом ошибка Std.Err.Skewness больше коэффициента Skewness более, чем в 3 раза, это один из критериев, говорящий о том, что гипотеза о нормальности распределения может быть отклонена.

	Descriptive Statistics (Лист1 in dlp2)								
Variable	**Mean**	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
DLP - NM=NJ	6,240000	6,000000	2,000000	10,00000	1,963840	-0,077670	0,463684	-0,469976	0,901721

Рис. 7. Описательная статистика для DLP-вывода (4-й параметр)

Далее были построены гистограммы тестов Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка (рис. 8 – для 3-го параметра релевантности, рис. 9 – для 4-го параметра релевантности).

DLP-вывод, основанный на 3-ем параметре релевантности

По Колмогорову-Смирнову видно, что уровень значимости $p>0.2$, это говорит о том, что гипотеза о нормальности не отклоняется; по Шапиро-Уилку, так как уровень значимости $p>0.05$, аналогично, гипотеза о нормальности не отклоняется.

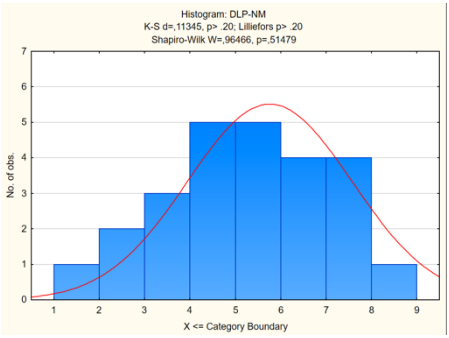


Рис. 8. Результаты применения тестов Колмогорова-Смирнова и W-теста Шапиро-Уилка (3-й параметр релевантности)

DLP-вывод, основанный на 4-ом параметре релевантности

По Колмогорову-Смирнову видно, что уровень значимости p>0.2, это говорит о том, что гипотеза о нормальности не отклоняется; по Шапиро-Уилку, так как уровень значимости p>0.05, аналогично, гипотеза о нормальности не отклоняется.

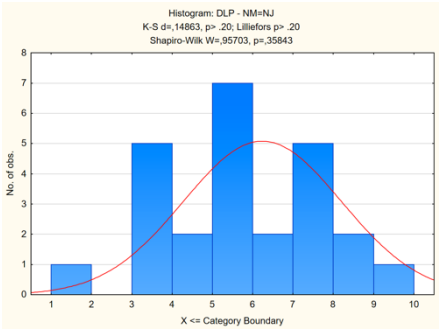
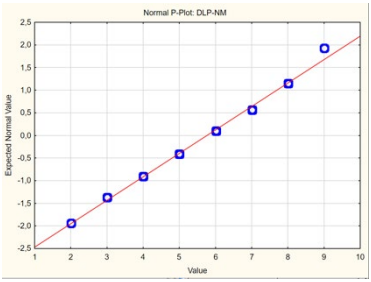


Рис. 9. Результаты применения тестов Колмогорова-Смирнова и W-теста Шапиро-Уилка (4-й параметр релевантности)

Дополнительно были построены графики нормальных вероятностей (рис. 10), по которым видно, что точки располагаются вблизи прямой нормали, а значит гипотеза о нормальности не отклоняется для обеих выборок.



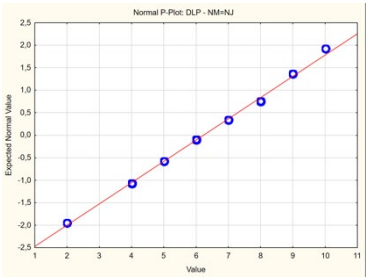
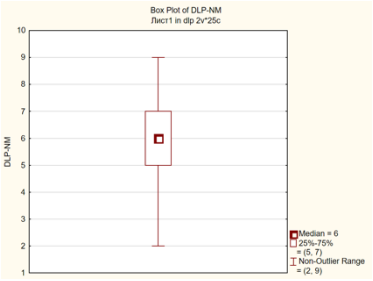


Рис. 10. График нормальных вероятностей для 3-го параметра релевантности (слева) и 4-го параметра релевантности (справа)

По результатам уже проведенных тестов, а также построения ящичной диаграммы (рис. 11), в случае рассматриваемых способов LP-вывода, распределение, полученное на основе 3 параметра релевантности, является нормальным, а распределение, полученное на основе 4 параметра релевантности не является нормальным. В случае ненормальности распределения, можно оперировать более устойчивыми методами.



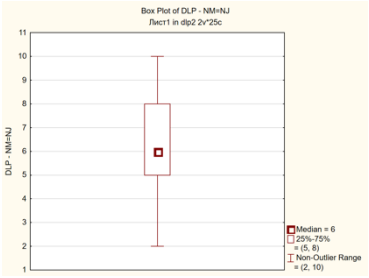


Рис. 11. Ящичная диаграмма для 3-го параметра релевантности (слева) и 4-го параметра релевантности (справа)

На графиках (рис. 11) хорошо видно, что количество запросов в первом случае больше, чем во втором, хотя и незначительно.

График, изображенный на следующем рис. 12, также демонстрирует небольшое преимущество распределенного LP-вывода, опирающегося на 3-й параметр релевантности.

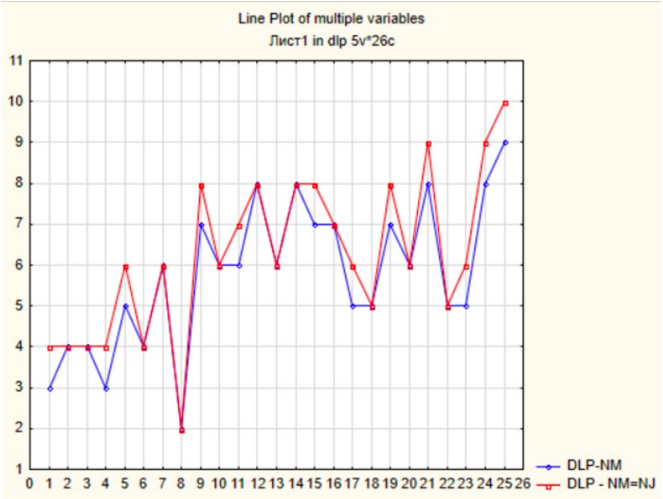


Рис. 12. Линейная диаграмма двух способов распределенного вывода

Представленные результаты анализа в пакете Statistica распределенного LP-вывода, основанного на двух различных параметрах релевантности, позволяют сделать выводы о его эффективности.

2.2. Результаты экспериментов

В результате проведенного анализа алгоритмов распределенного LP-вывода была продемонстрирована их работоспособность на практике. Оба способа распределенного вывода показывают достаточно эффективные результаты, однако количество запросов к базе данных или пользователю колеблется в зависимости от выбранной стратегии. При некотором наборе фактов и правил, а также константном значении количества узлов вычислительной сети (10) количество внешних запросов при выводе, основанном на 3-ем параметре релевантности, несколько меньше их количества при выводе, основанном на 4-ом параметре релевантности.

Заключение

В настоящей работе проведено исследование возможностей практического применения теории распределенных LP-структур для повышения эффективности распределенных интеллектуальных систем продукционного типа. С этой точки зрения приведены уточнения функциональности распределенной LP-структуры.

С учетом особенностей систем рассматриваемого типа были предложены стратегии подсчета релевантности, которые позволят повысить быстродействие обратного вывода. Представлены также соответствующие алгоритмы.

Были рассмотрены особенности компьютерной реализации предложенных алгоритмов, а также проведены эксперименты, которые позволили исследовать статистические результаты алгоритмов распределенного LP-вывода, подтверждающие его эффективность.

Список литературы

1. Болотова С. Ю. Алгоритмы релевантного обратного вывода, основанные на решении продукционно-логических уравнений / С.Ю. Болотова, С.Д. Махортов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – No2. – С. 40–50.

2. Махортов С. Д. Алгебраическая модель распределенной логической системы продукционного типа / С. Д. Махортов // Программная инженерия. – 2015. – No 12. – С. 32–38.

3. Махортов С.Д. Продукционно-логические уравнения в распределенной LP-структуре / С. Д. Махортов // Программная инженерия. – 2016. – No 7. – С. 324–329.

4. Лещинская М. В., Махортов С. Д. Исследование и реализация алгоритмов обратного вывода в распределенных интеллектуальных системах / Лещинская М. В., Махортов С. Д. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии – 2019. – No1. – С. 59–66. (eLIBRARY ID: 37278540)

5. Махортов С. Д. Интегрированная среда логического программирования LPExpert / С. Д. Махортов // Информационные технологии. – 2009. – No 12. – С. 65–66.

6. Halib M. Bit-vector encoding for partially ordered sets / M. Halib, L. Nourine // Lect. Notes Comput. Sci. – 1994. – V. 831. – P. 1–12.

7. Sowa J. F. Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine / J. F.Sowa. – Reading, MA : Addison-Wesley, 1984.

8. Махортов С. Д. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP- структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа / С.Д. Махортов ; под ред. В.А. Васенина. – М. : Изд-во МЦНМО, 2009. – 299 с.

9. Айвазян С. А. Прикладная статистика в 3-х томах. Справочное издание / С.А.Айвазян. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 608 с.

10. Биркгоф Г. Теория решеток : пер. с англ. / Г. Биркгоф. – М. : Наука, 1984. – 568 с.

Обобщение алгебраических моделей нечетких интеллектуальных систем

С. Д. Махортов, e-mail: msd_exp@outlook.com
И. В. Клейменов, e-mail: alenor96@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В настоящей работе производится обобщение LP-структур – алгебраических систем, моделирующих интеллектуальные системы с нечеткими правилами. Рассмотрены вопросы замкнутости и эквивалентных преобразований FLP-структур, а также существования логической редукции, с точки зрения их практической значимости. Таким образом, открываются возможности применения FLP-структур для построения и исследования интеллектуальных систем расширенного класса.*

Ключевые слова: *алгебраическая система, нечеткие продукции, логическая редукция, FLP-структура, логическое замыкание.*

Введение

Построение и исследование формальных моделей компьютерных систем основываются на алгебраических структурах [1]. Это в полной мере относится и к инженерии знаний, включающей широко распространенные на практике продукционные системы [2-4].

Ранее был получен ряд результатов, связанных с логическими системами продукционного типа. Разработана основанная на алгебраических решетках теория LP-структур (lattice production structures) [5], позволяющая решать задачи эквивалентных преобразований, верификации и минимизации баз знаний. Предложен и исследован метод обратного логического вывода (релевантный LP-вывод) [6], позволяющий снизить число обращений к внешним источникам информации. Впоследствии теория была обобщена для моделирования распределенных продукционных систем [7].

Многие современные интеллектуальные системы характеризуются нечеткостью моделируемых знаний [8]. Таким образом, можно говорить об актуальности применения теории LP-структур в сфере нечетких продукционных систем. Некоторые шаги в этом направлении были сделаны в работах [9-10]. Введены понятия, характеризующие нечеткость LP-структуры, и изучены некоторые полезные свойства нечеткого LP-вывода. Дальнейшее исследование нечетких LP-структур

© Махортов С. Д., Клейменов И. В., 2020

представлено в работе [11], где вводится понятие FLP-структуры с нечетким логическим отношением (Fuzzy LP-структуры). Кроме того, рассматриваются вопросы замкнутости, эквивалентных преобразований и логической редукции.

В настоящей работе обобщаются полученные в [11] результаты и обосновывается вывод о возможности применения теории FLP-структур для построения и исследования нечетких интеллектуальных систем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

1. Нечеткие LP-структуры

Рассмотрим базовые понятия нечетких LP-структур, приведенные в [11]. Исходные для них основы теории решеток, нечетких множеств и бинарных отношений изложены, например, в [12-13].

Нечеткое множество $A = (F, \mu_F)$ определяется функцией принадлежности $\mu_F : F \to [0,1]$ на некотором (обычном) множестве F. Значение $\mu_F(a)$ называется степенью принадлежности a к F. Нечеткое бинарное отношение R на множестве F – это нечеткое множество упорядоченных пар элементов из F с заданной функцией принадлежности $\mu_R : F \times F \to [0,1]$. Отношение R на множестве F называется *рефлексивным*, если для любого $a \in F$ справедливо $\mu_R(a,a) = 1$.

Для моделирования нечеткого логического вывода предложено использовать композицию нечетких отношений в классической семантике, а именно – (max-min)-композицию. Для отношения R на множестве F композиция $R^2 = R \circ R$ определяется так: $\mu_{R^2}(a,c) = \max\limits_b(\min(\mu_R(a,b), \mu_R(b,c)))$, где $a,b,c \in F$.

Нечеткое бинарное отношение R на множестве F называется *транзитивным*, если для любых $a,b,c \in F$ справедливо $\mu_R(a,c) \geq \min(\mu_R(a,b), \mu_R(b,c))$. Свойство транзитивности R эквивалентно вложению $R^2 \subseteq R$ в смысле нечетких множеств. Существует замыкание произвольного нечеткого отношения относительно свойств рефлексивности и транзитивности. Обзор алгоритмов его построения представлен в [14].

Согласно [11], под нечеткой LP-структурой (FLP-структурой) подразумевается алгебраическая система, представляющая собой атомно-порожденную решетку $\mathbb{F}$ [12], на которой задано нечеткое продукционно-логическое отношение R.

Подобные FLP-структуры могут быть использованы для моделирования продукционных систем. При этом каждый факт базы знаний отображается атомом решетки, предпосылка и заключение правила – соответствующими элементами решетки, а правила представляются парами нечеткого бинарного отношения R.

Далее рассмотрим ряд свойств нечетких LP-структур, позволяющих оптимизировать работу с нечеткими интеллектуальными системами, а именно – вопросы замыкания и преобразования FLP-структур, а также возможности их логической редукции.

2. Замыкания и преобразования FLP-структур

Логическим замыканием нечеткого отношения R называется наименьшее логическое отношение, содержащее R. Данное отношение представляет собой полный набор логических выводов, возможных в моделируемой продукционной системе. Для выяснения вопроса о его существовании в [11] вводится отношение логической связи.

Определение 2.1. Пусть задано нечеткое отношение R на решетке $\mathbb{F}$. Отношение $\overline{R}$ логической связи пар $A, B \in \mathbb{F}$ определяется функцией принадлежности $\overline{\mu}_R$, значение $\overline{\mu}_R(A,B)$ которой вычисляется как *максимальное* из следующих вариантов его вычисления:

1) $\overline{\mu}_R(A,B) = \mu_R(A,B)$;
2) если $A \supseteq B$, то $\overline{\mu}_R(A,B) = 1$, иначе = 0;
3) $\overline{\mu}_R(A,B) = \min(\overline{\mu}_R(A,B_1), \overline{\mu}_R(A,B_2))$ $(\forall B_1, B_2 : B_1 \bigcup B_2 = B)$;
4) $\overline{\mu}_R(A,B) = \min(\overline{\mu}_R(A,C), \overline{\mu}_R(C,B))$ $(\forall C \in \mathbb{F})$.

Рекурсивное определение 2.1 по данному R задает новое нечеткое отношение $\overline{R}$ на решетке $\mathbb{F}$, которое содержит R, $\supseteq$, а также обладает дополнительными свойствами. Условия 1)-4) называются правилами вывода (логических связей), где правило 3) называется *дистрибутивным*, а правило 4) – *транзитивным*.

Вычисление логической связи производится путем последовательного применения ровно одного правила к конечному множеству элементов решетки. Это процесс называется шагом вывода. Например:

- если $B_{1,t} \bigcup B_{2,t} = B_t$, $\overline{\mu}_R(A_t, B_{1,t}) > 0, \overline{\mu}_R(A_t, B_{2,t}) > 0$,
  то $\overline{\mu}_R(A_t, B_t) = \min(\overline{\mu}_R(A_t, B_{1,t}), \overline{\mu}_R(A_t, B_{2,t}))$, $t \in T$;
- если $\overline{\mu}_R(A_t, C_t) > 0$, $\overline{\mu}_R(C_t, B_t) > 0$,
  то $\overline{\mu}_R(A_t, B_t) = \min(\overline{\mu}_R(A_t, C_t), \overline{\mu}_R(C_t, B_t))$, $t \in T$.

Количество шагов вывода, необходимое для вычисления $\overline{\mu}_R(A,B)$, называется уровнем рекурсии, при этом учитываются лишь применения рекурсивных правил 3)-4). В случае логической связи, основанной только на применении правил 1) и 2), уровень рекурсии равен нулю.

К шагам вывода величины $\overline{\mu}_R(A,B)$ принято применять слова «начальный», «последний», а также «предыдущий», «следующий» и так далее. При этом имеется в виду продвижение в направлении прямого логического вывода, то есть от пар исходного отношения ($R \bigcup \supseteq$) к паре отношения $\overline{R}$.

На основе понятия логического замыкания вводится определение эквивалентных нечетких отношений. Перечислим приведенные в [11] основные определения и следствия, которые интересуют нас с точки зрения практического применения формальных преобразований в нечетких системах.

Определение 2.2. Два нечетких отношения R, P называются (*логически*) *эквивалентными* ($R \sim P$), если их логические замыкания совпадают. Эквивалентным преобразованием нечеткого отношения R называется такая модификация его функции принадлежности ($\mu_R \to \mu_P$), что полученное в результате новое отношение P логически эквивалентно R.

Определение 2.3. Пусть R – нечеткое отношение на решетке $\mathbb{F}$ с функцией принадлежности μ_R и $M = \{(A_t, B_t) \mid A_t, B_t \in \mathbb{F}; t \in T\}$ – некоторое множество упорядоченных пар, причем $\min\limits_t(\mu_R(A_t, B_t)) > 0$. Пара (A,B) называется (логически) выводимой из M, если $\overline{\mu}_R(A,B) \geq \min\limits_t(\mu_R(A_t, B_t))$.

Следствие 2.1. Пусть R – нечеткое отношение на решетке $\mathbb{F}$ с функцией принадлежности μ_R, $M = \{(A_t, B_t) \mid A_t, B_t \in \mathbb{F}; t \in T\}$ – некоторое множество пар, а пара (A,B) выводима из M. Определим новое отношение R' следующей функцией принадлежности:

$$\mu_{R'}(X,Y) = \begin{cases} \max(\mu_R(A,B), \min\limits_t(\mu_R(A_t, B_t))), \text{при } X = A, Y = B \\ \mu_R(X,Y), \text{иначе} \end{cases}. \quad (1)$$

Тогда отношение R' эквивалентно R.

Следствие 2.2. Пусть R – нечеткое отношение на решетке $\mathbb{F}$ с функцией принадлежности μ_R, а (A,B) – произвольная пара.

Определим новое отношение R' следующей функцией принадлежности:

$$\mu_{R'}(X,Y)=\begin{cases}\bar{\mu}_R(A,B), \text{при } X=A, Y=B\\ \mu_R(X,Y), \text{иначе}\end{cases}.$$

Тогда отношение R' эквивалентно R.

Теорема 2.1. Пусть R_1, R_2, R_3, R_4 – нечеткие отношения на общей решетке $\mathbb{F}$. Если при этом $R_1 \sim R_2$ и $R_3 \sim R_4$, то $R_1 \cup R_3 \sim R_2 \cup R_4$.

Следствие 2.3. Пусть R_1, R_2, R_3 – нечеткие отношения на общей решетке $\mathbb{F}$. Если при этом $R_1 \sim R_2$, то $R_1 \cup R_3 \sim R_2 \cup R_3$.

Следствия 2.1-2.3 обосновывают принципы локально-эквивалентных преобразований FLP-структур. Они могут использоваться, в частности, для эквивалентного упрощения нечетких отношений на решетке. При разработке интеллектуальной системы подобные упрощения предоставляют возможность оптимизации множества нечетких продукций.

3. Логическая редукция FLP-структур

Логической редукцией нечеткого отношения R на решетке называется любое минимальное отношение, эквивалентное R. Существование логической редукции для нечетких LP-структур доказано в работе [11]. В ней приводится теорема, описывающая достаточное условие существования и способ построения логической редукции отношения.

Теорема 3.1. Пусть для нечеткого отношения R построено соответствующее $\tilde{R}$. Тогда, если для $\tilde{R}$ существует транзитивная редукция R^0, то соответствующее ей отношение $\underset{\sim}{R}^0$ представляет собой логическую редукцию исходного отношения R.

В данной формулировке отношение $\tilde{R} \supseteq R$ на решетке $\mathbb{F}$ и строится путем последовательного выполнения следующих шагов:

1) Объединить R с отношением рефлексивности на решетке $\mathbb{F}$ и обозначить новое отношение R_1.
2) Расширить R_1 всевозможными парами (A,B), где $A=\bigcup A_t$, $B=\bigcup B_t, t \in T$ – объединения элементов $\mathbb{F}$, и обозначить новое отношение R_2. Точнее, для каждой такой пары доопределить функцию принадлежности μ_{R_1} отношения R_1 следующим образом:

$$\mu_{R_2}(X,Y)=\begin{cases}\max(\mu_{R_1}(A,B),\min\limits_{t}(\mu_{R_1}(A_t,B_t))),\text{при } X=A,Y=B\\ \mu_{R_1}(X,Y),\text{иначе}\end{cases}.$$

3) Полученное отношение R_2 объединить с отношением $\supseteq$.

Представленный результат о существовании логической редукции в нечетких LP-структурах имеет существенное практическое значение. Он открывает возможности эквивалентной минимизации баз знаний разрабатываемых интеллектуальных систем. Учитывая, что рассматриваемые продукционные системы в силу своей нечеткости имеют значительно более широкую область применения, чем их «четкие» аналоги, подобная оптимизация может оказывать существенное влияние на процессы управления знаниями и их практическую реализацию.

Заключение

В настоящей работе произведено обобщение полученных ранее результатов, касающихся нечетких LP-структур, и рассмотрены возможности их применения при разработке нечетких интеллектуальных систем. Отмечена практическая значимость обоснования эквивалентных преобразований FLP-структур. Рассмотрена связь существования логической редукции нечетких LP-структур и возможности оптимизации баз знаний интеллектуальных систем. Основываясь на сделанных выводах, можно говорить о релевантности применения теории FLP-структур при проектировании и поддержке нечетких продукционных систем.

Список литературы

1. Бениаминов Е. М. Алгебраические методы в теории баз данных и представлении знаний / Е. М. Бениаминов. – М. : Научный мир, 2003. – 184 с.

2. Жожикашвили А. В. Алгебраическая теория продукционных систем / А.В. Жожикашвили, В.Л. Стефанюк // VIII нац. конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2002: Труды конференции. Т. 1. – М. : Физматлит, 2002. – С. 428–436.

3. Maciol A. An application of rule-based tool in attributive logic for business rules modeling / A. Maciol // Expert Systems with Applications. – 2008. – V. 34, #3. – Pp. 1825–1836.

4. Дородных Н. О. Использование диаграмм классов UML для формирования продукционных баз знаний / Н. О. Дородных, А. Ю. Юрин // Программная инженерия. – 2015, № 4. – С. 3–9.

5. Махортов С. Д. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP-структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа / С. Д. Махортов ; Под ред. В. А. Васенина. – М. : Издательство МЦНМО, 2009. – 304 с.

6. Болотова С. Ю. Алгоритмы релевантного обратного вывода, основанные на решении продукционно-логических уравнений / С. Ю. Болотова, С. Д. Махортов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011, №2. – С. 40–50.

7. Махортов С. Д. Алгебраическая модель распределенной логической системы продукционного типа / С.Д. Махортов // Программная инженерия. – 2015. – № 12. – С. 32–38.

8. Батыршин И. З. Нечеткие гибридные системы: Теория и практика / И.З. Батыршин, А.О. Недосекин, А.А. Стецко, В.Б. Тарасов, А.В. Язенин, Н.Г. Ярушкина ; Под ред. Н. Г. Ярушкиной. –М.: Физматлит, 2007. – 208с.

9. Махортов С. Д. Оптимизация метода LP-вывода / С.Д. Махортов, А.Н. Шмарин // Нейрокомпьютеры. Разработка, применение. – 2013, № 9. – С. 59–63.

10. Махортов С. Д. Нечеткий LP-вывод и его программная реализация / С. Д. Махортов, А. Н. Шмарин // Программная инженерия. – 2013, № 12. – С. 34–38.

11. Махортов С. Д. О логической редукции алгебраической модели интеллектуальной системы с нечеткими правилами / С. Д. Махортов, И. В. Клейменов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – Воронеж, 2019. – № 3. – С. 67–78.

12. Биркгоф Г. Теория решеток : пер. с англ. / Г. Биркгоф. – М. : Наука, 1984. – 568 с.

13. Рыжов А. П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / А.П. Рыжов. – М. : Диалог-МГУ, 2003. – 81 с.

14. Garmendia L. An Algorithm to Compute the Transitive Closure, a Transitive Approximation and a Transitive Opening of a Fuzzy Proximity / L. Garmendia, R.G. Del Campo, V. López, J. Recasens // Mathware & Soft Computing, 16 (2009). – P. 175–191.

Поиск нечетких дубликатов в реляционных базах данных на примере СУБД PostgreSQL

Н. В. Муратова, email: nat.muratova@gmail.com
Н. А. Каплиева, email: kaplieva@amm.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе анализируются алгоритмы нечеткого поиска и кластеризации записей в базе данных на основе нечеткого соответствия на примере СУБД PostgreSQL 11.3. Описывается создание пользовательского интерфейса для предоставления возможности поиска и замены дубликатов в таблице базы данных.*

Ключевые слова: *реляционная база данных, СУБД PostgreSQL, дублирование данных, алгоритмы нечеткого поиска строк, алгоритмы кластеризации объектов, метрики нечеткого поиска, пользовательский интерфейс.*

Введение

В настоящее время для хранения и систематизации информации в различных сферах человеческой деятельности широко применяются базы данных. С их помощью можно анализировать и обрабатывать информацию, производить ее поиск и выборку, строить на основании данных различные отчеты и т. д. В связи с этим одной из важных задач в области хранения и управления данными является поддержание их в достоверном, актуальном, непротиворечивом состоянии, в том числе исключение дублирования записей, ведущее к снижению качества и ошибочной интерпретации информационной системой одного и того же объекта как нескольких разных. На сегодняшний день СУБД имеют встроенные средства, которые позволяют исключить полное дублирование данных, но не имеют механизмов для распознавания и предотвращения появления нечетких дубликатов. Такими дубликатами могут быть, например, названия контрагентов, записанные в сокращенной, либо полной форме, записи, содержащие орфографические и фонетические ошибки, опечатки и т. д. Кроме того, не представляется возможным использование словарей-справочников для хранения наборов схожих данных в виду многообразия и постоянного роста новых имен. Для решения проблемы неполного дублирования используются *алгоритмы нечеткого поиска*,

© Муратова Н. В., Каплиева Н. А., 2020

позволяющие находить данные на основании их неполного совпадения и количественной оценки схожести. Однако данные алгоритмы не дают абсолютного результата, т. е. сохраняется вероятность того, что будут пропущены дублирующие данные, либо разные по семантическому значению слова будут определены как одинаковые. Поэтому для достижения наилучшего решения может быть необходимо участие человека.

1. Постановка задачи

Целью работы является разработка приложения для осуществления поиска и кластеризации записей в базе данных на основе нечеткого соответствия на примере СУБД PostgreSQL 11.3 и устранения найденных дубликатов с помощью пользовательского интерфейса.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать алгоритмы нечеткого поиска строк, алгоритмы кластеризации объектов.
2. Создать программное обеспечение, реализующее кластеризацию строк.
3. Разработать пользовательский интерфейс в виде оконного приложения, который должен предоставлять возможность поиска и замены дубликатов в таблице базы данных.

2. Анализ алгоритмов нечеткого сравнения строк

Прежде чем приступить к разработке, необходимо провести анализ алгоритмов с учетом специфики задачи. При этом важное значение имеет не просто выбор лучшего алгоритма из каждой группы (нечеткое сравнение строк и кластеризация), а их комбинация.

Приближенное сравнение строк называют нечетким сравнением или совпадением. Существует множество алгоритмов нечеткого сравнения строк, которые в своей основе используют различные подходы – метрики расстояний, количество общих подпоследовательностей, деревья суффиксов, наибольшая общая подстрока, сходное звучание слов (soundex) и т. д. [1]

Применительно к поставленной задаче наибольший интерес представляют алгоритмы, которые дают количественную оценку схожести слов, которую в дальнейшем можно использовать при кластеризации.

2.1. Метрики на основе операций редактирования и алгоритм Вагнера – Фишера

Одним из способов оценить количественно сходство двух слов является использование метрик нечеткого поиска. Основная идея состоит в определении «расстояния» между строками. В общем случае расстояние между строками s_1 и s_2 определяется, как минимальное количество операций редактирования, необходимых для того, чтобы из строки s_1 получить s_2. Обычно рассматривают следующие операции: вставка, удаление, подстановка (замена одного символа на другой), транспозиция символов. В зависимости от типов операций выделяют несколько расстояний: расстояние Хэмминга, Левенштейна, Дамерау – Левенштейна, взвешенное расстояние [2].

Расстояние Дамерау – Левенштейна определено для операций вставки, удаления, замены и транспозиции символов. Фредерик Дамерау показал, что 80 % ошибок при наборе текста человеком являются транспозициями. В виду этого именно данная метрика наиболее часто применяется на практике.

Наиболее популярным алгоритмом вычисления расстояния преобразования является *алгоритм Вагнера – Фишера*. В нем рекуррентно вычисляется матрица стоимостей преобразований для каждого префикса исходных строк [3]. Данный алгоритм имеет ряд значительных преимуществ по сравнению с алгоритмами, которые будут рассмотрены далее, а именно: простота в реализации, независимость от алфавита, возможность качественного сравнения похожести более чем у двух строк. К недостаткам же можно отнести то, что при перестановке местами слов или их частей получаются сравнительно большие расстояния.

2.2. Метод n-грамм

Метод n-грамм основан на следующем принципе: если слово u совпадает со словом w с учетом нескольких ошибок, то с большой долей вероятности у них будет хотя бы одна общая подстрока длины n. Эти подстроки длины n и называются n-граммами [4]. Таким образом, алгоритм вычисления схожести строк с помощью метода n-грамм можно описать в виде следующих шагов:

1. Исходные строки разбиваются на последовательности n-грамм, где $n = 2,3,4,\ldots$

2. Вычисляется процентное соотношение совпадения строк как отношение количества совпадающих подпоследовательностей к общему количеству подпоследовательностей слов.

При этом перед разбиением необходимо решить, какой длины должны быть выделенные граммы. От этого зависит время работы алгоритма и конечный результат.

Метод n-грамм может не всегда давать корректный результат. На строках небольшой длины разбиение, например, на 3-граммы дает процент совпадения ниже, чем на длинных строках. Поскольку существует сильная зависимость от длины слова, то данный метод не подходит для решения рассматриваемой задачи.

2.3. Хеширование по сигнатуре

Данный метод основан на представлении «структуры» слова в виде би-товых разрядов, используемой в качестве хеша (сигнатуры) в хеш-таблице [5]. Для каждого из входных слов необходимо вычислить такой хеш, после чего в словарь «хеш-значение» заносится рассматриваемое слово. В данном случае хеш представляет собой двоичную запись строки.

Хотя в результате работы данного алгоритма получается словарь, где одному хешу может быть сопоставлено несколько слов, но метод также неприменим к рассматриваемой задаче, так как в рамках одной записи словаря будут содержаться слова, состоящие из одинаковых букв (потенциально содержащие транспозиции), но для поиска опечаток надо рассматривать соседние хеши, отличающиеся от данного не более чем на n бит. Потенциально соседние слова могут содержать большое количество перестановок букв, в результате чего количественная мера оценки похожести слов будет давать некорректный результат.

3. Алгоритмы кластеризации

Кластеризация – объединение в группы схожих объектов – является одной из фундаментальных задач в области анализа данных [6]. На сегодняшний момент число методов разбиения групп объектов на кластеры довольно велико – несколько десятков алгоритмов и еще больше их модификаций. Однако в контексте рассматриваемой задачи интересны только алгоритмы кластеризации с точки зрения их применения к строковым метрикам. Среди них можно выделить: affinity propagation, DBSCAN, иерархическая кластеризация.

Affinity propagation (метод распространения близости) получает на вход матрицу схожести между элементами и возвращает набор меток, присвоенных этим элементам [7]. В основе Affinity propagation лежит концепция «передачи сообщений» между точками таким образом, чтобы они кластеризовались в группы на основе того, как точки «общаются», или насколько они похожи друг на друга.

DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise, плотностной алгоритм пространственной кластеризации с присутствием шума) – один из первых алгоритмов кластеризации плотностным методом [8]. Для поиска кластеров алгоритм DBSCAN проверяет ε-окрестность каждого объекта. Если ε-окрестность объекта p содержит больше точек, чем заданное минимальное число k, то создаётся новый кластер с корневым объектом p. Затем DBSCAN итеративно собирает объекты непосредственно плотно-достижимые из корневых объектов, которые могут привести к объединению нескольких кластеров. Процесс завершается, когда ни к одному кластеру не может быть добавлено ни одного нового объекта. Таким образом, DBSCAN не требует заранее указывать число получаемых кластеров. Необходимо только задание значений параметров ε и k. В контексте рассматриваемой задачи ε представляет собой допустимое значение различия между двумя словами, а k – допустимое количество элементов в каждом кластере. Можно положить k равным 1, так как при поиске по базе данных вероятнее всего большинство записей будут представлять собой отдельный кластер.

Среди алгоритмов *иерархической кластеризации* выделяются два основных типа: восходящие и нисходящие алгоритмы [9].

Восходящие алгоритмы в своей основе предполагают, что каждая точка исходного набора является кластером. Затем итеративно происходит объединение близлежащих точек до тех пор, пока все точки не окажутся в одном кластере. *Нисходящие* алгоритмы действуют обратным способом: изначально предполагается, что все точки принадлежат одному кластеру. Затем на каждом шаге алгоритма кластер разбивается на более мелкие кластеры до тех пор, пока каждая точка не будет являться единственным экземпляром своего кластера.

Процесс выделения кластеров можно представить в виде дерева – дендограммы. Преимуществом иерархической кластеризации является то, что они не требуют задания начального числа кластеров. Кроме того, полученное дерево строится один раз, которое впоследствии можно несколько раз анализировать. К недостатку иерархических алгоритмов можно отнести систему полных разбиений, которая может являться излишней в контексте какой-либо задачи.

Для реализации программы был выбран иерархический алгоритм кластеризации, т. к. он требует минимального количества задания начальных параметров – матрицы расстояний и порога объединения кластеров. Также в результате тестирования было выявлено, что алгоритмы DBSCAN и иерархический алгоритм кластеризации дают

наиболее точные результаты относительно ожидаемого поведения на тестовой выборке.

4. Реализация пользовательского интерфейса

Для реализации пользовательского интерфейса была выбрана платформа Angular для создания веб-приложений, библиотека DevExtreme для отображения компонентов, язык Python для реализации алгоритмов кластеризации и метрики Дамерау – Левенштейна, платформа Node.js для взаимодействия двух различных языков TypeScript и Python между собой и библиотека Electron.js для представления веб-приложения в виде оконного приложения.

Были разработаны формы подключения к базе данных и выполнения кластеризации и объединения данных.

Процесс объединения происходит в несколько этапов:

1. На основе запросов по названию выбранной таблицы извлекается название первичного ключа таблицы и все названия внешних ключей и таблиц, ссылающихся на первичный ключ рассматриваемой таблицы.

2. Если найдены внешние ключи, инициируется процесс обновления значений внешних ключей. Данный процесс происходит в цикле по каждой группе на основе UPDATE-запроса, в котором значение внешнего ключа заменяется на значение первичного ключа основной строки группы.

3. После успешного обновления внешних ключей в рамках одной группы происходит удаление строк, помеченных как объединяемые при помощи DELETE-запроса.

Вся процедура обновления выполняется в рамках транзакции. В случае успешного выполнения всех итераций транзакция подтверждается коммитом, в случае получения исключения на каком-либо шаге вызывается ROLLBACK и транзакция отменяется.

Заключение

Итогом проведенных исследований алгоритмов кластеризации являются следующие рекомендации:

– так как в рамках поставленной задачи может быть получено различное количество кластеров неопределенного размера, то необходимо использовать такие алгоритмы, которые бы разбивали исходное множество на кластеры по некоторому порогу подобия;

– необходимо использовать алгоритмы, которые могут производить кластеризацию на основе неевклидовой метрики или на основе матрицы расстояний;

– необходимо использовать только те алгоритмы, которые не требуют дополнительной обработки результата или определения различных параметров для каждого входного массива строк;

– среди алгоритмов, удовлетворяющих всем перечисленным условиям, подходящими являются иерархический агломеративный алгоритм кластеризации и DBSCAN.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Список литературы

1. Бойцов Л. М. Классификация и экспериментальное исследование современных алгоритмов нечеткого словарного поиска / Л. М. Бойцов // Труды 6-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL2004, Пущино, Россия, 2004.

2. Смит Б. Методы и алгоритмы вычислений на строках / Б. Смит. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 496 С.

3. Желудков А. В. Особенности алгоритмов нечёткого поиска / А. В. Желудков, Д. В. Макаров, П. В. Фадеев // Инженерный вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – № 12. – С. 502–503.

4. String Similarity Algorithms Compared. – URL: https://medium.com/@appaloosastore/string-similarity-algorithms-compared-3f7b4d12f0ff (дата обращения: 15.12.2018).

5. Бойцов Л. М. Использование хеширования по сигнатуре для поиска по сходству / Л. М. Бойцов // Прикладная математика и информатика, ВМиК МГУ. – 2001. – № 8. – С. 135–154.

6. Воронцов К. В. Лекции по алгоритмам кластеризации и многомерного шкалирования / К. В. Воронцов – М. : МФТИ. – 2007. – 18 с.

7. Интересные алгоритмы кластеризации, часть первая: Affinity propagation. – URL: https://habr.com/ru/post/321216/ (дата обращения: 01.03.2019).

8. Интересные алгоритмы кластеризации, часть вторая: DBSCAN. – URL: https://habr.com/ru/post/322034/ (дата обращения: 03.03.2019).

9. Князь Д. Анализ основных алгоритмов кластеризации многомерных данных / Д. Князь. – LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 64 с.

10. Муратова Н. В. Поиск нечетких дубликатов в базах данных / Н. В. Муратова / Современные проблемы прикладной математики и информатики. – Воронеж : ВГУ, 2019. – С. 53–55.

Автоматизация контроля температуры в силосных башнях

И. Е. Никонов, email: ivanevgnikonov@gmail.com
Д. И. Соломатин, email: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Описывается архитектура и возможности программно-аппаратного комплекса для контроля температуры зерновой массы в силосных башнях. В качестве аппаратной части используются термоподвески, подключенные через специальные платы, приложение мониторинга реализовано на языке C#.*

Ключевые слова: *Программно-аппаратный комплекс, опрос оборудования, интерфейс RS-485, Modbus, приложение на C#, мониторинг температуры, силосные башни.*

Введение

Для длительного хранения зерновых культур или консервированного сочного корма для животных используются сооружения, которые называются силосные башни или просто «силосы» (рис. 1).

Рис. 1. Силосные башни

© Никонов И. Е., Соломатин Д. И., 2020

При хранении в зерновой массе происходит естественный физиологический процесс – «дыхание». Происходит окисление органических веществ, в основном сахаров, при этом клетки зерна наполняются энергией. Высокая влажность и температура, а также наличие неполноценных семян (проросшие, недозрелые, поврежденные) повышает уровень «дыхания». Когда температура массы достигает 50-55 градусов, «дыхание» становится максимальным и затем резко падает. Начинается процесс гибели зерна, который называется «самосогревание» зерна или «горение» зерна [1]. В связи с этим необходим контроль за температурой зерновой массы.

2. Оборудование для снятия показаний температур

Для снятия показаний температур в силосах устанавливаются термоподвески (рис. 2).

Рис. 2. Термоподвески внутри силосной башни

Термоподвеска представляет собой полый пластиковый шнур со стальными прожилинами и находящийся внутри шлейф с термодатчиками (рис. 3).

Термоподвески подключаются к платам, которые размещаются в специальном ящике на крыше силосной башни. К одной плате может быть подключено до десяти термоподвесок (рис. 4).

а б

а – термоподвеска в смотанном виде, б – шлейф с термодатчиками

Рис. 3. Термоподвеска

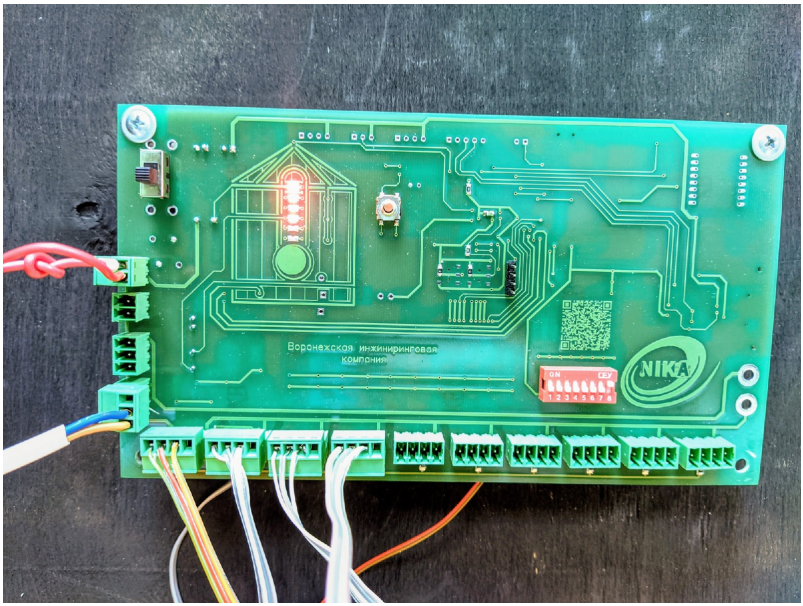


Рис. 4. Плата для подключения термоподвесок

3. Средства реализации

В качестве средств реализации были использованы следующие программные продукты и технологии:

– платформа .NET Framework (выбор данного фреймворка обусловлен тем, что в новых версиях ОС Windows .NET Framework установлен по умолчанию);

– язык программирования C# (основной язык для .NET Framework);

– технология Windows Forms (простота и гибкость построения оконного интерфейса);

– протокол Modbus для обмена данными между программой и модулями сбора данных (данный протокол является открытым, простым в использовании и обеспечивает передачу данных без потерь);

– СУБД MySQL (является свободной реляционной системой управления базами данных, наиболее популярной в мире).

4. Опрос плат

В качестве интерфейса передачи данных используется RS-485 [2], потому что в нем используется многоточечная топология, что позволяет подключить несколько приемников и передатчиков. RS-485 позволяет организовать сообщение между устройствами на дистанции до 1200 метров при скорости передачи данных 9600 бит/с.

Стандарт RS-485 не определяет конкретный тип разъема, и в связи с этим на модуле сбора данных размещена клеммная колодка, а к персональному компьютеру подключается стандартный USB 2.0 кабель. При этом устанавливаются дополнительные программные средства (драйверы), позволяющее распознавать USB-порты, как COM-порты.

В качестве протокола связи используется протокол последовательной передачи данных Modbus [3]. Он основан на архитектуре ведущий-ведомый (master-slave), это означает, что одно главное устройство является ведущим, в рассматриваемой системе это персональный компьютер, а остальные – ведомыми, в рассматриваемой системе это модули сбора данных.

Опрос происходит в отдельном потоке выполнения. За каждую итерацию опроса программа собирает показания температур во всех силосах на всех подвесках и записывает показания в базу данных, в частности, MySQL. Время между итерациями устанавливается пользователем.

Если все сенсоры на подвеске сломаны или время ожидания ответа от платы превышено, то такая подвеска будет опрашиваться еще несколько раз (количество попыток также можно установить), а затем престанет опрашиваться. Также есть возможность возобновить опрос

таких подвесок автоматически через установленное время после прекращения опроса.

5. Просмотр показаний

Стартовое окно приложения (рис. 5) позволяет просматривать последние собранные данные сразу всех контролируемых силосных башен, при этом отображается их максимальная, средняя и минимальная температуры, цвет, в соответствии с температурой, и их форма. Цвет имеет следующий смысл:

– красный – температура выше максимально допустимого уровня;
– желтый – температура выше предупредительного уровня, но ниже максимального;
– зеленый – температура имеет допустимое значение;
– синий – температура ниже нуля.

Положение силосных башен на экране может изменяться, а на фон можно разместить картинку, например, фотографию местности с беспилотного летательного аппарата.

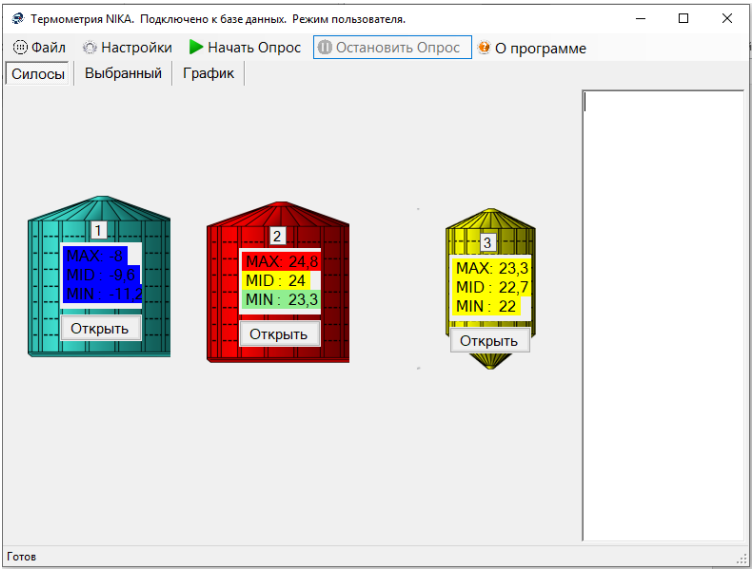


Рис. 5. Окно просмотра всех силосов

Справа находится поле для отображения событий и ошибок, произошедших в ходе выполнения, например, начало опроса, успешная выгрузка данных, начало итерации, поломка подвески и т.д.

Для более подробной информации существует окно просмотра выбранной силосной башни (рис. 6). На нем отображены имя, максимальная, средняя и минимальная температуры, температуры на каждой из подвесок, а также средние значения температур на каждой из подвесок вместе с их расположением внутри башни.

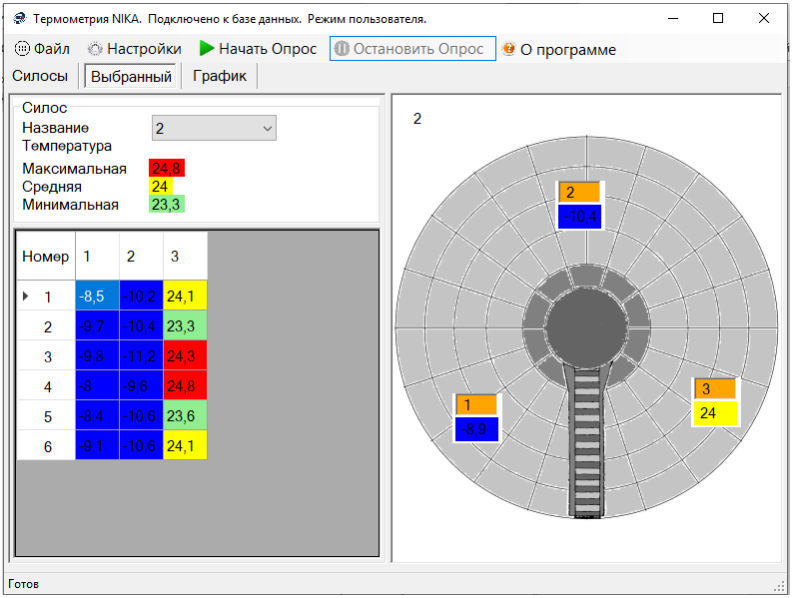


Рис. 6. Окно просмотра выбранной силосной башни

6. Экспорт данных

Программа позволяет создавать Excel-документы содержащих показания термодатчиков в некоторый момент времени (рис. 7). При этом есть опция цветового отображения температуры.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ООО "Рога и Копыта"										
2											
3											
4	Показатели температуры продукта за 12.11.2019 - 13.33										
5											
6											
7	Структурное подразделение: Второе										
8											
9	Силос № 2										
10											
11	Номер	Номер термоподве									
12	Датчика	3	2								
13	1	24,1	-10,2								
14	2	23,3	-10,4								
15	3	24,3	-11,2								
16	4	24,8	-9,6								
17	5	23,6	-10,6								
18	6	24,1	-10,6								
19											

Рис. 7. Пример выгрузки показаний

Программа имеет возможность построения графиков по собранным данным и последующие сохранение их в формате PNG (рис. 8). Разрешение настраивается пользователем.

Графики строятся за последний день, последнюю неделю, последний месяц, последний год или за выбранное время.

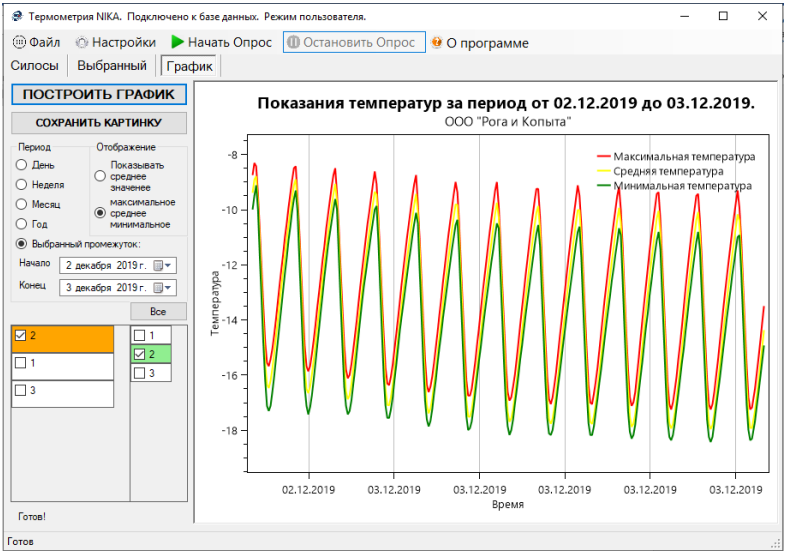


Рис. 8. Окно построения графиков

Графики строятся для выбранных силосных башен и подвесок в двух режимах:

1. Режим разбиения строит график средней температуры отдельно для каждой подвески, если выбрана одна силосная башня, или для каждого сенсора, если выбрана одна подвеска.

2. Режим максимальной средней и минимальной температуры строит три графика, которые отображают максимальную среднюю и минимальную температуры по всем выбранным подвескам. Работает только если выбран одна силосная башня.

Также программа предусматривает возможность разовой и автоматической ежедневной рассылки на почту собранных данных. При этом отправляется на заданные почты отправляется Excel-документ с последними показаниями температур и, опционально, графики за последний день по каждому силосу.

7. Превышение температуры

Когда температура в силосной башне превышает допустимое значение, то предпринимаются некоторые действия для извещения пользователей об этом.

Сигнал о превышении срабатывает, когда количество сенсоров с температурой большей «красного» порога становится больше определенного значения, это сделано для предотвращения ситуаций, когда один сенсор неисправен и показывает температуру неправильно. При этом на экране пользователя появляется экран, уведомляющий о превышении и показывающий где именно произошло повышение (рис. 9). Опционально может проигрываться звуковой сигнал и отправляться сообщения на почты.

Если температура не спадает, то сообщение будут повторно появляться с выбранным периодом.

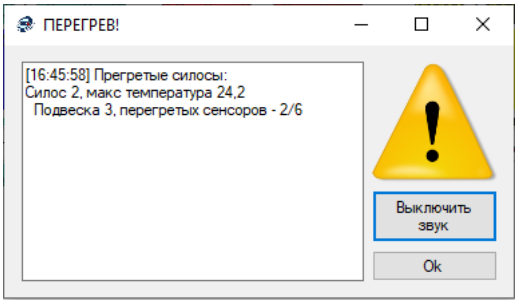


Рис. 9. Сообщение о перегреве

Заключение

В результате разработки был создан продукт, который пригоден для использования как на небольших производствах, так и на больших элеваторах. Программная составляющая является более стабильной и интуитивно понятной в сравнении с аналогами. Небольшой размер позволяет передавать программу сразу на персональные компьютеры, находящиеся на объектах, где интернет соединение зачастую оказывается весьма медленным в силу того, что они находятся на удалении от крупных населенных пунктов.

На данный момент комплекс внедрен на трех предприятиях, в их числе объект в селе Николаевка Аннинского района Воронежской области, принадлежащий компании ООО «ЭкоКорм».

Список литературы

1. Вобликов, Е. М. Технология элеваторной промышленности: учебник. – / Е. М. Вобликов. – 1-е изд. – СПб.: Лань, 2010. – 376 с.

2. The RS-485 Design Guide Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ti.com/lit/an/slla272c/slla272c.pdf.

3. Modbus Application Protocol Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf

Применение LP-структур на решетках типов для осуществления рефакторинга методом совмещения атрибутов

А. А. Ногих, email: a.nogikh@yandex.ru
С. Д. Махортов, email: msd_exp@outlook.com

Аннотация. *Рассматриваются вопросы применения LP-структур на решетках типов для автоматизации рефакторинга методом совмещения атрибутов. Данный метод является двойственным к рассмотренному в предыдущих работах методу «Pull Up Field». Предложены дополнения к модели, расширяющие набор допустимых для рефакторинга программных систем. Описываются особенности и последовательность шагов при использовании данного метода.*

Ключевые слова: *иерархия типов, рефакторинг, LP-структура.*

Введение

Во время этапа сопровождения каждая программная система совершенствуется, адаптируется к новым требованиям, вынужденно уходит от изначально спроектированной структуры. Этот процесс неизбежно сопровождается ухудшением качества кода, что делает дальнейшие изменения системы все более сложными. Остановить деградацию помогает рефакторинг. Это процесс такого изменения программной системы, при котором ее внешнее поведение сохраняется, а внутренняя структура улучшается [1].

В общем случае рефакторинг состоит из множества этапов, а именно – выбор частей системы и способов преобразования, оценка того, насколько при этом сохранится поведение модифицируемых частей, проведение изменений, оценка полученного результата и т.д. [2]. Часть этих этапов могут выполнять автоматизированные системы рефакторинга, тем самым позволяя существенно снизить затраты на разработку ПО.

В настоящей работе рассматриваются вопросы реализации системы поддержки принятия решений для осуществления рефакторинга объектно-ориентированных систем.

Математической основой используемого подхода служит теория LP-структур, предоставляющая алгебраические модели для различных систем в информатике. В статье [3] был построен класс LP-структур,

© Ногих А. А., Махортов С. Д., 2020

учитывающих особенности логического вывода на решетках типов. Данный класс обладает более широкими возможностями адекватного моделирования иерархий типов по сравнению с теорией FCA (подробнее с ней можно ознакомиться в [4]). В работах [5] и [6] были предложены дополнения к LP-структурам на решетках типов и рассмотрены некоторые вопросы практической реализации.

Путем применения двойственности операций над LP-структурами в работе [7] были описаны новый вид рефакторинга – совмещение атрибутов, а также соответствующий ему класс LP-структур.

Данная работа содержит адаптацию ряда предложенных в [5] и [6] дополнений к подходу рефакторинга совмещением атрибутов.

1. Основные понятия

Метод совмещения атрибутов, описанный в [7], подразумевает замену нескольких атрибутов одного класса атрибутом, имеющим тип их общего потомка.

Далее кратко представлены некоторые необходимые в дальнейшем определения и результаты из работы [7].

Под LP-структурой подразумевается алгебраическая система, представляющая собой математическую решетку $\mathbb{F}(\leq, \wedge, \vee)$ с заданным на ней бинарным отношением R.

Между парами типов (классов) в объектно-ориентированном программировании существует как минимум два вида связей – наследование и агрегация. На $\mathbb{F}$ задано отношение частичного порядка, соответствующее наследованию – если тип b является наследником a, то $b \leq a$. Рассмотрению подлежат иерархии типов, при которых после введения такого частичного порядка $\mathbb{F}$ удовлетворяет определению решетки.

Дополнительно на решетке $\mathbb{F}$ вводится бинарное отношение R, соответствующее агрегации: если объект b агрегирует объект типа a, то $(b, a) \in R$.

Оба отношения ($\leq$ и R) имеют общую семантику – один тип получает возможности другого типа в виде доступа к его атрибутам. Семантически ясно, что такое отношение «обладания набором возможностей» (далее обозначено как $\xleftarrow{R}$) обязано быть рефлексивным и транзитивным.

$\wedge$-дистрибутивность отношения $\xleftarrow{R}$ (из $b \xleftarrow{R} a_1$ и $b \xleftarrow{R} a_2$ следует $a \xleftarrow{R} b_1 \wedge b_2$) задает семантику монотонного

вывода. Однако в случае LP-структур на решетке типов выполнение $\wedge$-дистрибутивности целесообразно не во всех случаях и должно зависеть от контекста [7].

Для формализации и исследования немонотонного логического вывода на рассмотренных структурах были введены понятия $\wedge$-совместимости пар $(b,a_1),(b,a_2)\in R$, $\wedge$-дистрибутивности тройки (b,c_1,c_2), где $c_1,c_2,b\in\mathbb{F}$ и некоторые другие понятия, с которыми можно детально ознакомиться в [7].

Логическое замыкание отношения R представляет собой отношение, содержащее все такие пары (a,b), что в типе b доступны возможности типа a.

Логической редукцией отношения R на решетке $\mathbb{F}$ называется эквивалентное ему минимальное отношение R_0. Логическая редукция рассматриваемой LP-структуры соответствует иерархии с минимальным эквивалентным набором связей, что способствует минимизации дублирования кода.

В работе [7] доказана теорема о существовании логической редукции LP-структуры на решетке типов и обоснован способ ее эффективного построения.

2. Расширенная решетка типов

Несмотря на то, что семантика элементов LP-структуры на решетке типов четко сформулирована, преобразование в нее структуры классов реальной программной системы не является тривиальной задачей.

В статье [7] была рассмотрена постановка задачи рефакторинга, в которой для отражения агрегации используется бинарное отношение на решетке типов. При практической реализации здесь возникают сложности, обусловленные следующим обстоятельством.

Тип может обладать возможностями некоторого другого типа одновременно в различных «контекстах», не связанных друг с другом. Совмещение атрибутов из различных «контекстов» может привести как к неработоспособности программы, так и к затруднению понимания получившегося кода человеком.

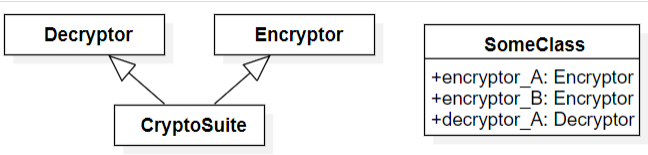


Рис. 1. Пример иерархии типов

На рис. 1 изображен пример иерархии типов, в которой совмещение атрибутов может привести к нежелательным результатам. На данной UML-диаграмме описаны следующие сущности.

6«Encryptor» и «Decryptor» – типы, реализующие некоторый алгорим шифрования и дешифрования соответственно.

7«CryptoSuite» – тип, совмещающий функциональность «Encryptor» и «Decryptor».

8«SomeClass» – некоторый класс, имеющий в качестве атрибутов экземпляры «Encryptor» и «Decryptor» по ключу A, а также экземпляр «Encryptor» для шифрования по ключу B.

Очевидно, что если в результате рефакторинга окажутся совмещены атрибуты «encryptor_A» и «decryptor_B», то логика работы программы изменится.

В качестве решения данной проблемы предлагается применить подход, симметричный тому, что был описан в [5] – строить LP-структуру на расширенной решетке типов.

Обозначим множество всех атрибутов исходной системы как A.

– Для каждого типа t множество $A_t \subseteq A$ атрибутов, имеющих тип t, необходимо разбить на непересекающиеся подмножества $\{A_t^{(i)}\}_{i=1}^{N}$. Логика разбиения такова: атрибуты, входящие в одно подмножество, допустимо замещать их общим потомком.

– Для каждого $A_t^{(i)}$ из $\{A_t^{(i)}\}_{i=1}^{N}$ внесем в решетку типов элемент $t_{agg}^{(i)}$ как предка типа t ($t \le t_{agg}^{(i)}$).

– Обозначим множество таких внесенных элементов $\tilde{T}$ и введем вспомогательное отображение $f_{agg} : A \to \tilde{T}$. Если для $A_t^{(i)}$ в решетку типов был внесен $t_{agg}^{(i)}$, то $\forall a \in A_t^{(i)} : f_{agg}(a) = t_{agg}^{(i)}$.

– Бинарное отношение R, соответствующее агрегации, будет выглядеть следующим образом: $\forall a \in A: \left(f_{agg}(a), f_{type}(a)\right) \in R$, где $f_{type}(a)$ – тип атрибута a.

После проведения логической редукции R_0 построенного таким способом отношения R останется справедливым следующее. Для каждой пары $(\tilde{t}, a) \in R$ верно $(\tilde{t}, a) \in \left(R_0 \cup \leq\right)^*$, где $\left(R_0 \cup \leq\right)^*$ – транзитивное замыкание $R_0 \cup \leq$. Следовательно, данные типы продолжат обладать возможностями как минимум тех же типов, что и прежде. Это делает возможным проведение соответствия между прежней и новой иерархией типов.

Рассмотрим расширенную решетку типов для примера из рис. 1.

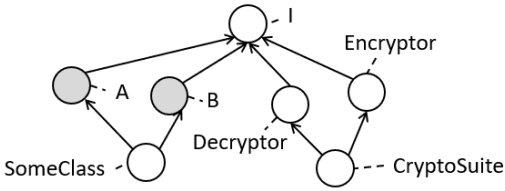


Рис. 2. Расширенная решетка типов

На рис. 2 изображена расширенная решетка типов для рассматриваемой системы (для упрощения общий фиктивный потомок не изображен). Стрелки направлены от потомков к предкам. Для данной системы $\tilde{T} = \{A, B\}$, R=({A, Decryptor},{A, Encryptor},{B, Encryptor}).

3. Особенности построения и использования модели

Ниже описывается обобщенный процесс проведения рефакторинга объектно-ориентированных программ при помощи рассмотренной модели.

Не привязываясь к конкретному языку программирования, обозначим существенные характеристики типа (класса).

1Название, однозначно его определяющее.

2Публичные предки класса.

3Список публичных атрибутов.

Для атрибута существенными являются идентификатор и тип. Идентификатор атрибута отражает как название, так и особенности объявления (квалификаторы типа и т.д.).

Набор классов с данным набором характеристик может быть получен путем парсинга исходного кода, в том числе с помощью

готовых библиотек. Например, в случае Java можно воспользоваться описанием в [8].

Последовательность шагов при проведении автоматизированного рефакторинга такова.

Шаг 1 – построение модели.

В зависимости от конкретных целей, для построения модели может использоваться как иерархия типов целиком, так и некоторое ее подмножество. При проведении рефакторинга систем, чья иерархия типов целиком не может быть представлена в виде решетки, следует выбрать подмножество существенных для осуществления рефакторинга типов, которое будет удовлетворять такому свойству.

Построение модели включает формирование (расширенной) решетки типов и бинарного отношения, соответствующего агрегации.

Шаг 2 – получение новой иерархии типов.

Можно выделить по крайней мере два способа получения новой иерархии типов. Предварительно каждый из них требует вычисления множества неконфликтно $\wedge$-совместимых троек.

– Требуется только провести совмещение атрибутов. В этом случае, каждая $\wedge$-совместимая тройка (b, c_1, c_2) соответствует удалению атрибутов типа c_1 и c_2 из b, и последующем добавлении атрибута типа $c_1 \wedge c_2$ в тип b.

– Полная оптимизация иерархии типов. В этом случае для каждой $\wedge$-совместимой тройки (b, c_1, c_2) требуется добавить в R пару $(b, c_1 \wedge c_2)$ и провести транзитивную редукцию такого бинарного отношения.

Шаг 3 – обновление исходного кода программной системы.

Помимо получения набора и расположения атрибутов в результирующей иерархии типов, для успешного применения результатов рефакторинга к исходному коду потребуется решить следующие задачи.

– *Обновление дефиниций*. Для каждого атрибута a новой иерархии необходимо получить множество атрибутов прежней иерархии типов, которые были совмещены в a.

– *Обновление ссылок*. В исходном коде программной системы необходимо заменить обращения к атрибутам исходной иерархии, которые были удалены или перемещены, на обращения к атрибутам новой иерархии типов.

В работе [6] были представлены математические формулировки данных задач, даны алгоритмы по получению данных отображений, а также выведены условия, при которых ответ всегда существует. В силу двойственности рассматриваемого в данной статье случая к работе [6], после замены операций над LP-структурами на двойственные им, те же рассуждения и формулировки станут справедливыми для рефакторинга методом совмещения атрибутов.

Заключение

В данной работе рассматривались вопросы реализации автоматизированной системы рефакторинга, использующей LP-структуры на решетках типов в качестве математической модели. Описаны LP-структуры на расширенной решетке типов. Также были рассмотрены этапы практического применения модели для осуществления рефакторинга, включая построение модели, осуществление преобразований и использование полученных результатов.

Дальнейшие исследования подразумевают выработку способов модификации исходного кода программы, адаптацию рассмотренных понятий и алгоритмов к конкретным языкам программирования, а также практическую реализацию соответствующей инструментальной системы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Список литературы

1. Рефакторинг: улучшение существующего кода. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2003. – 432 с, ил.
2. Mens T. A survey of software refactoring / T. Mens, T. Tourwe // Software Engineering IEEE Transactions. – 2005. – V. 30. – P. 126-139.
3. Махортов С. Д. LP-структуры на решетках типов и некоторые задачи рефакторинга / С. Д. Махортов // Программирование. – 2009. – Т. 35, № 4. – С. 5-14.
4. Godin R. Formal Concept Analysis-Based Class Hierarchy Design in Object-Oriented Software Development / R. Godin, P. Valtchev // Formal Concept Analysis / eds. B. Ganter, G. Stumme, R. Wille // Lecture Notes In Computer Science. – Springer Berlin/Heidelberg. – 2005. – V. 3626. – P. 304–323.
5. Махортов С. Д. Применение LP-структур для автоматизации рефакторинга объектно-ориентированных программ / С. Д. Махортов, А. А. Ногих // Программная инженерия. – 2019. – № 5. – С. 195–203.

6. Махортов С. Д. Автоматизация рефакторинга на основе алгебраического представления знаний / С.Д. Махортов, А.А. Ногих // Материалы VII Международной конференции «Знания – Онтологии – Теории» (ЗОНТ-2019). – Новосибирск : Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, 2019. – С. 257–263.

7. Махортов С. Д. LP-структуры для обоснования и автоматизации рефакторинга в объектно-ориентированном программировании / С.Д. Махортов // Программная инженерия. – 2010. – № 2. – С. 15–21.

8. JavaParser – For processing Java code [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://javaparser.org/

Создание информационно-аналитической системы обучения немецкому языку

Т. Б. Семенова, email: sem.tatiana@inbox.ru

ФГБОУ ВО Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва

Аннотация. *В данной работе рассматривается процесс формирования требований для разработки информационно-аналитической системы обучения немецкому языку.*

Ключевые слова: *немецкий язык, обучающие системы, геймификация, игрофикация, игровое обучение, эдьютейнмент.*

Введение

Речь и язык – это важнейшие инструменты общения, без которых формирование и развитие человеческого общества было бы неосуществимо. Иностранный язык является одним из значимых элементов культуры народа-носителя языка и основным способом изложения ее другим, а также способствует созданию у человека целостной картины мира [1].

К настоящему времени компьютерные средства используются во всех областях человеческой жизни. Применение информационных технологий меняет в том числе и традиционное обучение иностранным языкам.

В сети Интернет доступно множество разработанных ресурсов, обучающих иностранному языку. Чаще всего основным иностранным языком для них является один из самых популярных языков мира – английский язык [2]. Для других языков, в частности и для немецкого языка, сложно найти такой веб-ресурс, который полностью отвечал бы всем современным требованиям к обучению. Рассматривать адаптацию какой-либо системы обучения английскому или другому языку для немецкого нецелесообразно, так как наиболее эффективные и продуманные системы не обладают открытым исходным кодом. По этой причине необходимо проанализировать функциональность различных существующих систем обучения иностранным языкам, выделить в них интересные особенности, схожие методики и лексические тренировки и разработать требования, на основе которых будет разрабатываться новая информационно-аналитическая система обучения немецкому языку.

© Семенова Т. Б., 2020

Прежде чем формально описать требования к проектируемой системе для изучения немецкого языка, необходимо определить, что позволяет человеку запоминать новую информацию, и какие методики делают процесс образования легче и увлекательнее.

1. Память человека и запоминание нового материала

В жизни человека память имеет серьезное значение память – «способность запоминать, сохранять и воспроизводить в сознании прежние впечатления» [3]. Она позволяет накапливать впечатления об окружающем мире, служит основой для приобретения новых знаний, умений, навыков. Память состоит из таких относительно самостоятельных процессов, как запоминание, узнавание, сохранение, воспроизведение и забывание.

Существует несколько классификаций видов памяти по разным признакам. Например, по характеру психической активности выделяют образную память, которая, подразделяется на зрительную, звуковую, вкусовую, обонятельную и осязательную (запоминание зависит от наиболее активного анализатора, воспринимающего новую информацию), эмоциональную память (запоминание происходит во время эмоциональных и чувственных моментов), словесно-логическую память (содержанием являются идеи и мысли с четкими смысловыми связями), двигательную (моторную) память (сохранение и воспроизведение каких-либо движений) [4].

В компьютерной системе для изучения немецкого языка возможно задействовать образную, словесно-логическую и эмоциональную память для более прочного усваивания иностранной лексики. Для образной памяти со зрительным восприятием информации в системе должны содержаться слова с иллюстрациями и видеоматериалы; для слухового восприятия должны быть аудиоматериалы. Для включения словесно-логической памяти должны присутствовать структурированные разделы грамматических правил. Для работы эмоциональной памяти необходимо выстроить процесс обучения в системе таким образом, чтобы оно всегда вызывало у пользователя интерес и создавало положительные впечатления.

2. Игровое обучение и геймификация при изучении иностранного языка

На протяжении всей истории человечества разрабатывались различные методики для того, чтобы заинтересовать человека образовательным процессом; одной из них является игровое обучение, в англоязычных источниках эдьютейнмент (education – образование и entertainment – развлечение). Под термином подразумевается система

приобретения новых знаний и навыков, где в традиционное обучение привносятся элементы игры [5]. При этом подходе материалы для обучения могут браться даже из тех источников, которые не задумывались как образовательные. В том числе к ним относятся различные Интернет-ресурсы. На их основе обучающиеся получают новые знания, тренируют языковые навыки с увлечением, интерес к процессу изучения языка не пропадает [6].

Игрофикация (англ. gamification – геймификация) – это понятие, обозначающее использование в программном обеспечении и на веб-сайтах, относящихся к неигровым областям, принципов, используемых в компьютерных играх. К ним относятся системы начисления баллов за успехи, награждение пользователей за определенные достижения, повышение уровней и другое [7].

Существуют различные онлайн-системы, обучающие иностранным языкам, которые используют элементы игрофикации и игрового обучения в целом. Из популярных и крупных систем можно выделить, например, Duolingo, LinguaLeo и PuzzleEnglish. При их анализе были выделены их основные особенности. Общими функциями систем являются:

- регистрация и авторизация пользователя;
- настройки профиля пользователя;
- сохранение прогресса обучения пользователя;
- наличие русско-немецкого/немецко-русского словаря;
- наличие личного словаря пользователя;
- подробное описание слов с иллюстрациями, озвучкой и транскрипциями;
- наличие теоретического материала с правилами грамматики;
- отслеживание прогресса обучения пользователем.

Схожими тренировками рассмотренных систем являются:

- перевод слова или фразы с русского на иностранный язык;
- перевод слова или фразы с иностранного на русский язык;
- составление предложения на иностранном языке из отдельных блоков слов;
- ввод слова или фразы по его произношению;
- заполнение пропусков в иностранном предложении или тексте;
- кроссворды;
- определение правильности русского перевода иностранного слова на скорость.

Игрофикация в проектируемой системе для изучения немецкого языка должна заключаться в отслеживании прогресса обучения пользователя, системе начисления очков, наград за достижения

определенных этапов при взаимодействии с системой, переходах на новый уровень. Основным источником упражнений при этом будет раздел лексических тренировок немецких слов.

3. Определение требований к информационно-аналитической системе обучения немецкому языку

Для разработки требований к информационно-аналитической системы обучения немецкому языку необходимо выделить ее основные функции – тренировки, которые будут использоваться для изучения немецкой лексики. В большинстве публикаций об эффективности методов изучения иностранных языков с помощью онлайн-средств не упоминались конкретные лексические тренировки, а описывался подход к обучению языкам в интернете в целом, например, [8], [9]. Таким образом, отбор тренировок производится субъективно и ранжируется по объему работы по реализации. Эффективность может быть определена только на основании результатов пользователей.

По результатам проведенного анализа было установлено, что создаваемая система для изучения немецкого языка должна включать:

1. Немецко-русский словарь с иллюстрациями и транскрипциями к словам;
2. Раздел с тематическими наборами немецких слов;
3. Раздел с грамматическими правилами немецкого языка;
4. Раздел с текстовыми, видео- и аудиоматериалами на немецком языке;
5. Раздел с лексическими тренировками:

– «Словарные карточки» - тренировка для самоконтроля пользователя;
– «Перевод-слово» - выбор немецкого слова по русскому переводу;
– «Слово-перевод» - выбор русского перевода по немецкому слову;
– «Перевод на немецкий» - ввод немецкого слова по русскому переводу;
– «Конструктор» - составление немецкого слова из кубиков-букв;
– «Кроссворд»;
– «Перевод на скорость» - выбор русского перевода немецкого слова с ограничением времени;

6. Алгоритмы учета прогресса пользователя, условия перехода с уровня на уровень и виртуальные награды за достижения.

Все перечисленные выше пункты в совокупности должны быть оформлены в виде многопользовательской веб-системы. Пользователь, зарегистрировавшись на сайте, сможет просматривать различные

текстовые, видео- и аудиоматериалы на немецком языке, добавлять незнакомые слова в личный словарь, а затем выполнять с ними упражнения в лексических тренировках. Весь прогресс обучения будет сохраняться, и при достижении определенных успехов пользователь будет получать виртуальные награды, что будет повышать мотивацию к продолжению изучения немецкого языка при использовании этой системы.

Заключение

На основании описанных требований были разработаны основные сценарии использования информационно-аналитической системы обучения немецкому языку, которая должна будет помочь пользователям в пополнении словарного запаса немецкого языка. Ее особенностями должно быть применение принципов геймификации для большей мотивации к обучению, наличие персонального словаря, лексических тренировок и библиотеки материалов на немецком языке.

Список литературы

1. Иностранные языки в школе: немецкий после английского: Учебно-методическое пособие / А.В. Гизатуллина [и др.]. – Елабуга : Издательство Елабужского института Казанского федерального университета, 2016. – 63 с.

2. Languages Spoken by More Than 10 Million People [Электронный ресурс] : база данных / Encarta. – Режим доступа : https://www.webcitation.org/5kwPyXpQ1?url=http://encarta.msn.com/media_701500404/Languages_Spoken_by_More_Than_10_Million_People.html

3. Большой толковый словарь русского языка / под ред. С. А. Кузнецова. – СПб. : Норинт, 2014. – 1536 с.

4. Козубовский В. М. Общая психология: познавательные процессы / В. М. Козубовский. – 3-е изд. – Минск : Амалфея, 2008. – 368 с.

5. Фомина Т. К. Обучение через развлечение: эдьютейнмент в преподавании русского языка иностранным студентам-медикам / Т. К. Фомина, Н. В. Гончаренко // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – Тамбов : Грамота. – 2016. – №10(64): в 3-х ч. Ч. 3. – С. 212-214.

6. Сущность и содержание понятия «эдьютейнмент» в отечественной и зарубежной педагогической науке [Электронный ресурс] : научн. журнал / Alma mater – Вестник высшей школы: сайт. – Режим доступа : https://almavest.ru/ru/node/1376

7. Караваев Н. Л. Анализ программных сервисов и платформ, обладающих потенциалом для геймификации обучения [Электронный

ресурс] / Н. Л. Караваев, Е. В. Соболева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – №8 (август). – С. 14-25. – Режим доступа : http://e-koncept.ru/2017/170202.htm

8. Илюшкина М. Ю. E-learning в преподавании английского языка: анализ контента мобильных приложений [Электронный ресурс] / Studia Humanitatis: Международный электронный научный журнал. – 2019. - №2. – Режим доступа : http://st-hum.ru/content/ilyushkina-myu-sheynkman-am-e-learning-v-prepodavanii-angliyskogo-yazyka-analiz-kontenta

9. Одинокая М. А. Анализ положительных практик организации медиаобразования посредством мобильных приложений [Электронный ресурс] / М. А. Одинокая, А. А. Лебедев // European research. – 2016. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-polozhitelnyh-praktik-organizatsii-mediaobrazovaniya-posredstvom-mobilnyh-prilozheniy

Визуализация результатов тестирования в «Системе программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих»

Т. Ю. Скибо, email: tatskibo@yandex.ru
Е. С. Легостаева, Л. А. Великанова

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени
профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Разработан эффективный алгоритм, с помощью которого можно визуализировать результаты нестандартного тестирования при проведении констатирующего эксперимента по формированию и развитию патриотизма военнослужащих.*

Ключевые слова: *тестирование, программно-диагностическое сопровождение, Microsoft Word, Visual Studio, C#.*

Введение

Microsoft Word является COM-объектом, т. е. через программный код можно подключаться к Microsoft Word и управлять им. Все операции, которые мы делаем вручную в Word, а именно – создание нового документа, внесение в него правок, сохранение его и т. п. – можно проделать программно. Большинству операций, выполняемых программным способом, есть эквиваленты в пользовательском интерфейсе (UI), доступные как команды в меню и на панелях инструментов. Также для поддержки команд, выбираемых из UI используется нижележащая архитектура. Создаваемый новый документ Word базируется на каком-либо шаблоне; расширение файлов шаблонов «.dot», а файлы документов – «.doc». Шаблон Word содержит текст, код, стили, панели инструментов, элементы автотекста, комбинации клавиш для быстрого доступа к командам. При создании нового документа происходит связь с шаблоном и вновь созданный документ получает полный доступ к элементам шаблона. В случае, когда конкретный шаблон не указан, новый документ основывается на стандартном шаблоне «Normal.dot», который устанавливается при установке Word.

Стандартный шаблон «Normal.dot» – глобальный. Он доступен любому документу, который мы создаем. При необходимости можно поместить весь код в «Normal.dot» и все документы в своей среде

© Скибо Т. Ю., Легостаева Е. С., Великанова Л. А., 2020

создавать на основе шаблона Normal (Обычный). Но многие разработчики считают более эффективным решение создание собственных шаблонов для конкретных приложений.

К MS Word можно, например, подключаться с помощью языков программирования высокого уровня таких, как Delphi, C++, C# и т. д, можно просто создать макрос прямо внутри документа на языке Visual Basic for Applications. Каждый программист выбирает путь индивидуально в соответствии со вкусом, привычкой и квалификацией.

1. Методики тестирования, выбор среды программирования

В данной работе авторы предлагают решение на языке C#, который позволяет достаточно быстро создать прототип приложения для Windows. Язык C# сразу (без дополнительных библиотек) содержит готовые классы и методы, отвечающие за решения многих современных актуальных задач для десктопных приложений в ОС семейства Windows [1].

В качестве среды программирования в работе выбрана среда Microsoft Visual Studio 2013 Express. Несмотря на год выпуска, набор средств для создания приложений в нем весьма внушителен, имеется большой плюс – бесплатность.

Перед авторами стояла задача создать «Систему программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих», состоящую из двух программных продуктов – «Тестирование» и «Анализ»; осуществить ее апробацию при проведении констатирующего эксперимента среди курсантов и операторов научной роты ВУНЦ ВВС «ВВА». За содержательную основу «Системы программно-диагностического сопровождения» взяты следующие методики [2]:

1. «Отношение к патриотическим ценностям»;
2. «Сформированность патриотических убеждений»;
3. «Патриотическая направленность личности»;
4. «Гражданственность и патриотизм»;
5. «Уровень активности в патриотической деятельности».

Данные методики позволяют оценить качество сформированности патриотизма курсантов на когнитивном, эмоциональном и поведенческом уровне.

2. Краткое содержание программного комплекса

Система программно-диагностического сопровождения включает в себя: два исполняемых файла «Тестирование.exe» и «Анализ.exe»; текстовых файлов с содержанием тестов test_1.txt, test_2.txt, test_3.txt,

test_4.txt, test_5.txt. Все элементы программного комплекса объединены в папке «Тестирование и анализ», как представлено на рис. 1.

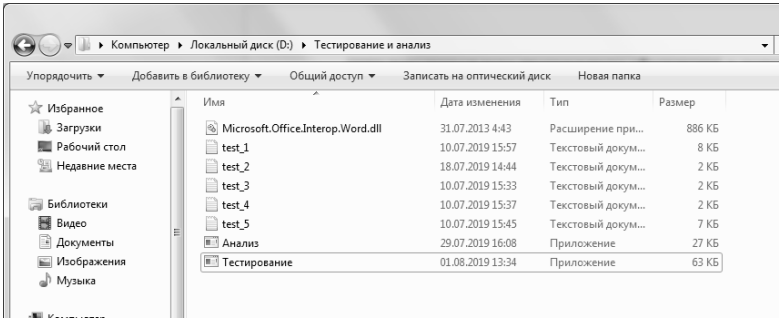


Рис. 1. Структура папки «Тестирование и анализ»

В случае отсутствия на компьютере необходимого дополнительного программного обеспечения в папку «Тестирование и анализ» добавляются файлы динамических библиотек, как представлено на рис. 2.

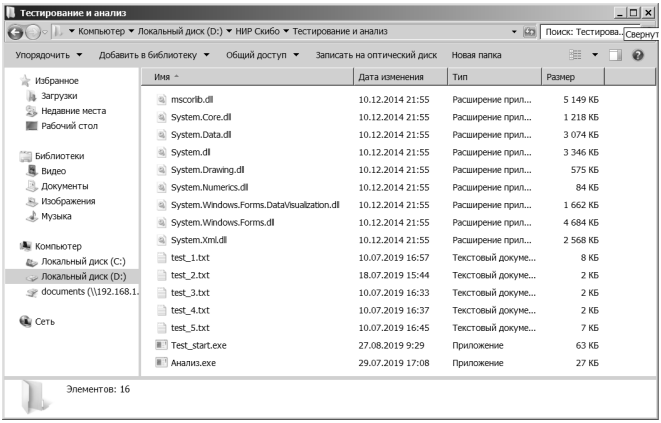


Рис. 2. Структура папки программного продукта «Тестирование»

Система программно-диагностического сопровождения соответствует уровню современных Windows-приложений, обладает интуитивно-понятным интерфейсом, действия пользователя не отличаются от обычных действий в других приложениях операционной системы Windows.

Работа в системе начинается с вызова исполняемого файла «Тестирование.exe». С помощью программного продукта «Тестирование.exe» происходит анонимное тестирование группы военнослужащих (учебной группы). Оценивание по результатам тестирования производится для группы после тестирования всех респондентов. Тестирование производится по пяти представленным анкетам

3. Представление результатов тестирования

«Анализ.exe» обеспечивает представление результатов тестирования группы в форме аналитической таблицы с подробным представлением результатов тестирования по каждому вопросу, диаграммы, представляющей распределение респондентов по уровням, общий средний балл по группе, предоставляет возможность сохранить все результаты в документе формата Word.

Начальная страница представлена на рис. 3.

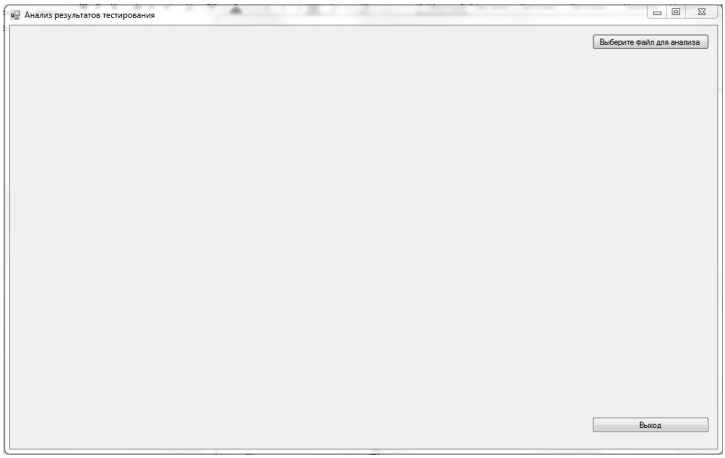


Рис. 3. Начальная страница программного продукта

При нажатии на клавишу «Выберите файл для анализа» открывается окно, показанное на рис. 4. Здесь представлен текущий каталог с файлами – результатами тестирования. Выбираем нужный файл для анализа и кликаем по кнопке «Открыть».

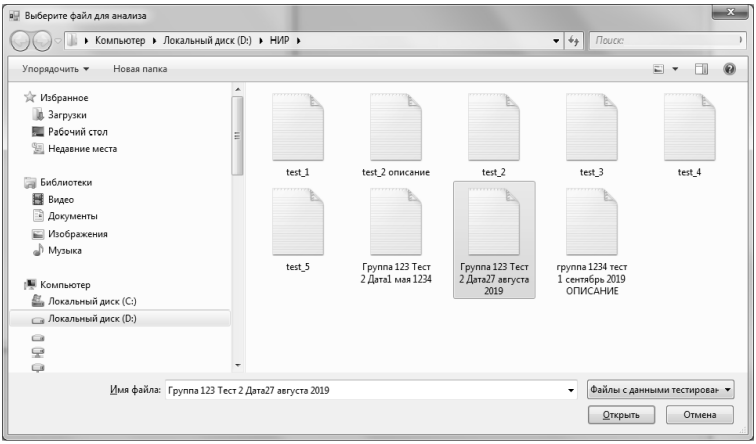


Рис. 4. Окно выбора файла для записи

На рис. 5 представлено окно начала анализа результатов по выбранной группе. При загрузке файла на экране отображается название теста и все данные по респондентам: номер группы, дата тестирования.

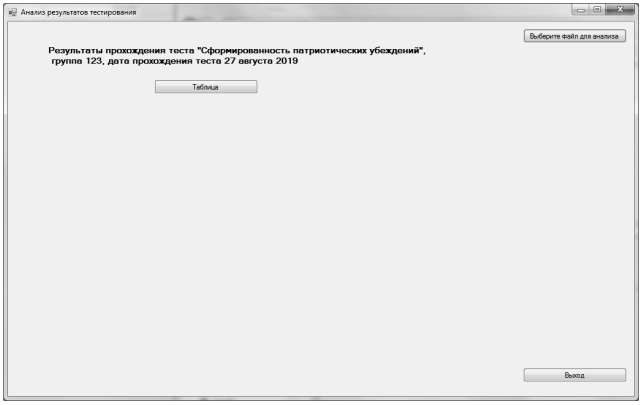


Рис. 5. Начало анализа результатов тестирования

При нажатии на кнопку «Таблица» на экране выводятся сводные данные по тестированию, как представлено на рис. 6.

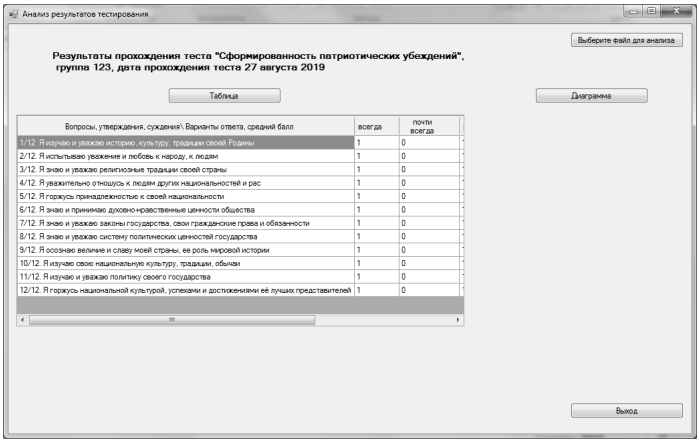


Рис. 6. Сводные данные тестирования

В таблицу выводятся все вопросу анкеты, возможные варианты ответов («всегда», «почти всегда», «иногда», «никогда»), количество респондентов, выбравших соответствующие ответы по каждому вопросу, средний балл ответов по каждому вопросу. Также на экране появляется кнопке «Диаграмма».

На рис. 7 показано окно, появляющееся после клика по кнопке «Диаграмма».

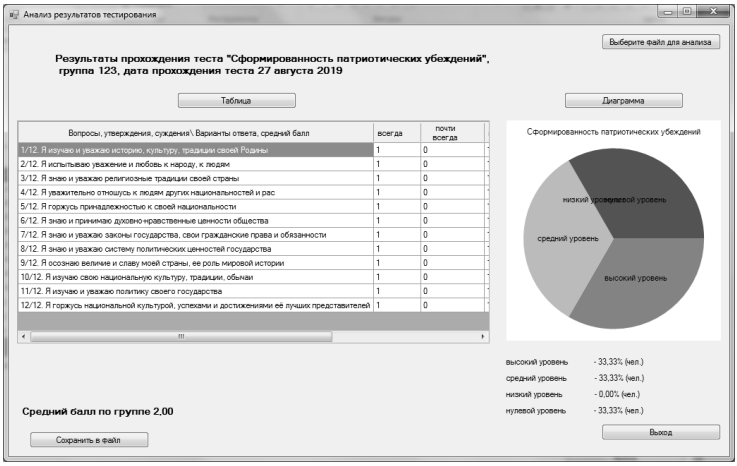


Рис. 7. Окно «Диаграмма»

На круговой диаграмме наглядно представлено распределение респондентов по уровням («Высокий», «Средний», «Низкий», «Нулевой»). На отдельной панели выводится средний балл тестирования по группе.

При клике по кнопке «Сохранить в файл» все результаты записываются в файл формата Word, представленный на рис. 8.

Результат прохождения теста **"Сформированность патриотических убеждений"**

группа 123, дата 27 августа 2019

Средний балл по группе 2,00

Распределение респондентов по уровням:

высокий уровень - 33,33% (чел.)

средний уровень - 33,33% (чел.)

низкий уровень - 0,00% (чел.)

нулевой уровень - 33,33% (чел.)

Таблица. Количество респондентов, выбравших на вопрос (суждение) один из вариантов ответа

Вопросы, суждения \ Варианты ответов, средний балл	всегда	почти всегда	иногда	очень редко	никогда	Средний балл
1/12. Я изучаю и уважаю историю, культуру, традиции своей Родины	1	0	1	0	1	2,00
2/12. Я испытываю уважение и любовь к народу, к людям	1	0	1	0	1	2,00
3/12. Я знаю и уважаю религиозные традиции своей страны	1	0	1	0	1	2,00
4/12. Я уважительно отношусь к людям других национальностей и рас	1	0	1	0	1	2,00
5/12. Я горжусь принадлежностью к своей национальности	1	0	1	0	1	2,00
6/12. Я знаю и принимаю духовно-нравственные ценности общества	1	0	1	0	1	2,00
7/12. Я знаю и уважаю законы государства, свои гражданские права и обязанности	1	0	1	0	1	2,00
8/12. Я знаю и уважаю систему политических ценностей государства	1	0	1	0	1	2,00
9/12. Я осознаю величие и славу моей страны, ее роль мировой истории	1	0	1	0	1	2,00
10/12. Я изучаю свою национальную культуру, традиции, обычаи	1	0	1	0	1	2,00
11/12. Я изучаю и уважаю политику своего государства	1	0	1	0	1	2,00
12/12. Я горжусь национальной культурой, успехами и достижениями её лучших представителей	1	0	1	0	1	2,00

Рис. 8. Результаты тестирования в документе формата Word

Данный файл сохраняется в текущем каталоге. В названии файла отображаются номер группы и название выбранного теста. (Например – «Результаты тестирования группы 123 тест Сформированность патриотических убеждений»)

Заключение

Предложенные методики позволяют оценить качество сформированности патриотизма курсантов на когнитивном, эмоциональном и поведенческом уровне.

В качестве языка программирования при создании «Системы программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих» выбран C# в среде Visual Studio 2013.

Интерфейс системы программно-диагностического сопровождения эргономичен и прост в использовании, предусмотрена возможность сохранения результатов тестирования в удобной для пользователя форме, позволяющей производить дальнейшие статистические исследования.

Список литературы

1. Зиборов, В. В. Visual C# 2012 на примерах : / В. В. Зиборов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 480 с.

2. Потемкин, А. В. Новые методы диагностики патриотизма / А. В. Потемкин // Известия ВГПУ. – Воронеж, 2008. – № 6. – С. 39-42.

Особенности тестирующей части «Системы программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих»

Т. Ю. Скибо, email: tatskibo@yandex.ru
Е. С. Легостаева, Л. А. Великанова

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени
профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *При создании тестирующей части «Системы программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащий» учитывается возможность фиксирования результатов исследования по отдельному респонденту и группе в целом в текстовом документе. Информация, содержащаяся в текстовом документе, позволяет наблюдать в динамике за процессом формирования патриотизма военнослужащих.*

Ключевые слова: *тестирование, программно-диагностическое сопровождение, Visual Studio, C#.*

Введение

Актуальность данного исследования продиктована потребностью в развитии прикладных основ воспитания патриотизма военнослужащих и его программно-диагностического обеспечения, поскольку при всем многообразии моделей и программ патриотического воспитания молодежи, а также методов его оценки, крайне мало эффективных способов анализа результативности работы по формированию патриотизма, основанных на проработанном критериальном аппарате.

1. Выбор анкет для оценки результативности патриотического воспитания

В ходе опытно-экспериментальной работы в рамках НИР были проанализированы современные труды по оценке результативности патриотического воспитания; выделена методологическая основа для определения критериев оценки результатов работы по патриотическому воспитанию; обоснована необходимость целостного анализа данного процесса в соответствии с двумя группами критериев, первая из которых отражает процесс работы по патриотическому воспитанию,

© Скибо Т. Ю., Легостаева Е. С., Великанова Л. А., 2020

вторая оценивает важнейшие качества и свойства военнослужащих, являющиеся результатом работы по развитию у них патриотического сознания; определены выборка и этапы проведения исследования на основе методологических принципов детерминизма, развития, деятельностного, личностного и системного подходов.

В ходе данного этапа исследования решались задачи: анализа методов и методик диагностики патриотизма; выделение критериев и уровней его сформированности; разработка программного продукта, обеспечивающего on-line тестирование испытуемых; обоснование программы констатирующего эксперимента по определению качества сформированности патриотизма военнослужащих и его проведение в военном учебно-научном центре.

Основное внимание на данном этапе работы было посвящено диагностике патриотизма как личностного качества и профессиональной компетенции военнослужащего, что позволило: создать «Систему программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих», состоящую из двух программных продуктов – «Тестирование» и «Анализ»; осуществить ее апробацию при проведении констатирующего эксперимента среди курсантов и операторов научной роты ВУНЦ ВВС «ВВА». Взятые за содержательную основу «Системы программно-диагностического сопровождения» методики «Отношение к патриотическим ценностям», «Сформированность патриотических убеждений», «Патриотическая направленность личности», «Гражданственность и патриотизм», «Уровень активности в патриотической деятельности» позволяют оценить качество сформированности патриотизма курсантов на когнитивном, эмоциональном и поведенческом уровне.

Приступая к ее разработке, исходили из того, что в процессе изучения эффективности патриотического воспитания появляется потребность в информации, которая недоступна прямому наблюдению (данные о направленности личности: мотивах, интересах, взглядах, идеалах военнослужащих, об их реальном отношении к вопросу патриотизма, о жизненных планах и ориентирах в связи с изучаемой тематикой). Получить такую информацию можно с помощью опроса.

Опрос, как один из наиболее распространенных методов анализа, является важнейшим и вполне доступным средством сбора первичной информации. Наиболее распространенным видом опроса является анкетирование, которое может быть групповым или индивидуальным.

Для обоснования программы констатирующего эксперимента было проанализировано 26 вариантов анкет [1], [2], разработанных современными исследователями патриотического воспитания, из них

было отобрано 6 анкет, 5 из которых были использованы для разработки программно-диагностического инструментария:

1. анкета «Отношение к патриотическим ценностям» позволяет выявить аксиологический аспект патриотизма как личностного качества военнослужащих и проанализировать его в аспектах сформированности отношения к государству, Отечеству, миру, труду, культуре, знаниям, человеку;

2. анкета «Сформированность патриотических убеждений» направлена на определение степени сформированности патриотических взглядов и идеалов, касающихся, прежде всего, истории страны, ее культуры, традиций, национального своеобразия;

3. анкета «Патриотическая направленность личности» дополняет предыдущую и дает более полное и конкретное представление о личностных качествах, свидетельствующих о готовности к реализации сформированных патриотических убеждений на практике (миролюбие, толерантность, самоотверженность, жертвенность, ответственность, готовность к духовному и нравственному совершенствованию);

4. анкета «Уровень активности в патриотической деятельности» позволяет определить степень реального участия испытуемых в деятельности патриотической направленности (посещение мероприятий и клубов патриотической направленности, подготовка и проведение соответствующих мероприятий, участие в поисковой и исследовательской деятельности, благотворительных, экологических, политических акциях и т.п.);

5. анкета «Гражданственность и патриотизм» предназначена для исследования методом самооценки общекультурных компетенций респондентов. С ее помощью проверяется, насколько сформированы у испытуемых представления о своих правах и обязанностях как гражданина своей страны; умения использовать действующее законодательство Российской Федерации, правовые документы в своей деятельности, демонстрировать готовность и стремление к совершенствованию и развитию общества на принципах гуманизма, свободы и демократии.

В процессе выбора методик руководствовались следующими критериями:

– соответствие возрастным особенностям развития испытуемых;

– возможность анализа трех аспектов проявления патриотизма по итогам анкетирования: когнитивного, эмоционального, деятельностного;

– отражение в анкетах представления респондентов о патриотизме и их личного отношения к исследуемой проблеме.

В программе «Тестирование» в «Системе программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих», куда вошли названные анкеты, они располагаются в указанном порядке, позволяя последовательно выявить и затем проанализировать (программа «Анализ») качество сформированности патриотического сознания и поведения испытуемых.

2. Особенности программы «Тестирование»

«Система программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих» была создана в среде объектно-ориентированного программирования Microsoft Visual Studio 2013 на языке C#, который является одним из самых популярных языков программирования [3].

Начальная страница программы «Тестирование» представлена на рис. 1. Перед началом анкетирования необходимо ввести дату тестирования, шифр тестируемой группы и количество респондентов, которые будут проходить тест. По окончании тестирования группы эти данные будут использованы в названии файла с результатами тестирования.

В виду того, что оценивание по тесту производится для всей группы, корректный выход из программного продукта «Тестирование.exe» возможен только после прохождения теста всех заявленных респондентов.

После заполнения окон редактирования выбираем вариант тестирования. Для этого необходимо кликнуть левой кнопкой мыши по активной строке «Выберите вариант тестирования». Далее появляется окно выбора нужного теста, как представлено на рис. 2.

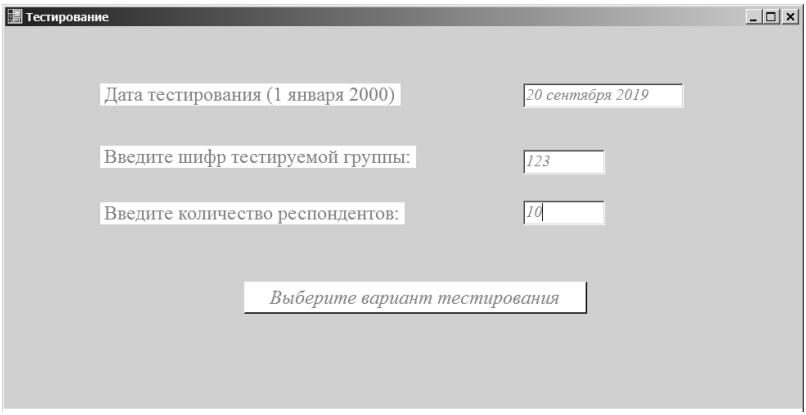


Рис. 1. Начальная страница программного продукта «Тестирование»

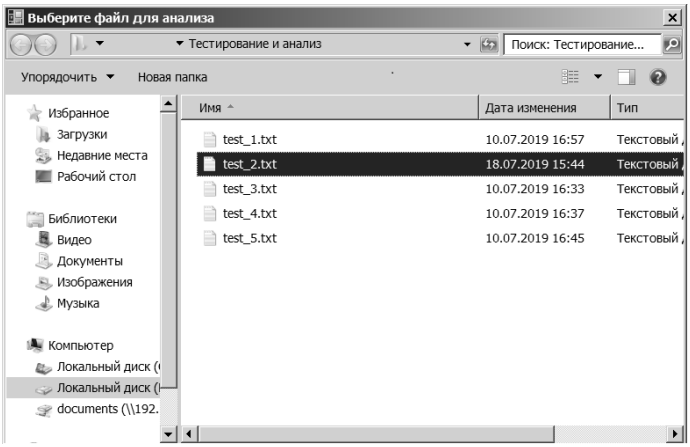


Рис. 2. Окно выбора теста

Далее открывается окно с инструкцией для данного теста, представленное на рис. 3. Необходимо внимательно изучить условия тестирования и возможные варианты ответов.

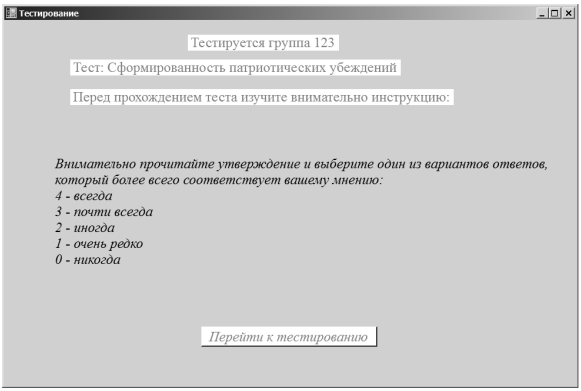


Рис. 3. Инструкция перед прохождением теста

При нажатии на кнопку «Перейти к тестированию» начинаем тестировать первого респондента. Окно тестирования представлено на рис. 4.

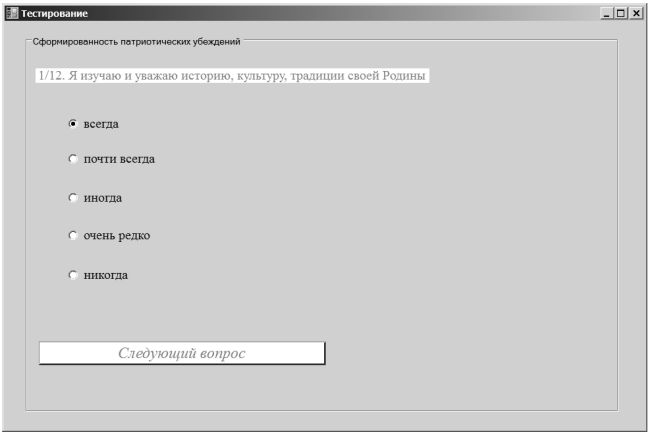


Рис. 4. Окно тестирования

В строке заголовка экранной формы выводится название теста. Каждый вопрос имеет от 5 до 9 ответов (в зависимости от выбранного теста). При выборе того или иного варианта ответа респондент может неоднократно щелкать на разных переключателях, пока не выберет окончательный вариант ответа. Программа зафиксирует выбранный вариант только после щелчка на кнопке «Следующий вопрос». Дробь (например, 1/12) приведена для того, чтобы тестируемый понимал, в

какой части траектории в данный момент находится, т. е. он отвечает на 1-й вопрос, а всего их 12.

Переход к тестированию следующего респондента из данной группы происходит по нажатию на кнопку «Начать тестирование следующего». После тестирования всех заявленных респондентов появляется окно, с сообщением «Тестирование группы завершено». При нажатии на кнопку «Тестирование группы завершено» формируется файл с данными по тестированию данной группы. На экран выходит сообщение, показанное на рис. 5.

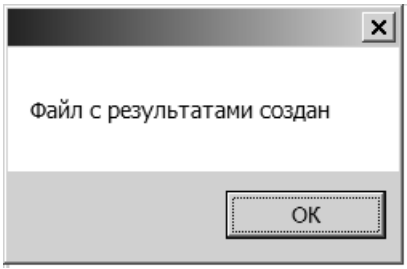


Рис. 5. Сообщение о создании промежуточного файла с результатами тестирования

Название файла с результатами тестирования содержит информацию о шифре группы, номере теста и дате проведения тестирования и имеет расширение txt. В этом файле содержится вся необходимая информация по тесту, тестируемой группе и результатам тестирования. Содержание файла «Группа 123 Тест 2 Дата27 августа 2019.txt» показано на рис. 6.

Рис. 6. Содержание файла «Группа 123 Тест 2 Дата27 августа 2019.txt»

Информация по результатам тестирования в этом файле представлена в том порядке и в виде, который требуется для аналитической части комплекса. Проведение тестирование через определенный промежуток времени, например, 1 раз в год и сохранение этих данных в файлах с указанием даты тестирования позволит проводить анализ результативности работы по формированию патриотизма военнослужащих за год, два года и за весь период обучения.

Выводы

Разработанную «Систему программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих» предлагается использовать как педагогический инструментарий, средство организации деятельности воспитателя и педагога-исследователя по измерению состояния или результативности патриотического воспитания на основе самооценки курсантами сформированности своих патриотических качеств, ценностного отношения к Отечеству, ВС РФ.

Литература

1. Потемкин, А. В. Новые методы диагностики патриотизма / А. В. Потемкин // Известия ВГПУ. – Воронеж, 2008. – № 6. – С. 39-42.

2. Томилина, С. Н. Педагогическая методика оценки уровня военно-патриотического воспитания молодежи на боевых традициях / С. Томилин // Вопросы воспитания. – 2015. – № 2. – С. 32-39.

3. Зиборов, В. В. Visual C# 2012 на примерах / В. В. Зиборов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 480 с.

Рефакторинг унаследованного программного кода

А. А. Старикова, e-mail: astar.box@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Проведен анализ способов работы с унаследованным программным кодом, их преимуществ и недостатков, путей улучшения существующего кода с минимизацией рисков регрессии частей системы.*

Ключевые слова: *рефакторинг, унаследованный код, legacy-код.*

Введение

Множество корпоративных приложений, использующихся в настоящее время, разработано достаточно давно. В течение срока эксплуатации приложения совершенствуются, дорабатываются, расширяется их функциональность, но вместе с тем, они сохраняют внутри себя унаследованный, устаревший и низкокачественный программный код, который в среде разработчиков называется унаследованным кодом, или legacy-кодом (от англ. legacy – наследие).

В лучшем случае этот код больше не поддерживается и не обновляется, но продолжает использоваться. В худшем случае − разработчику приходится исправлять ошибки или добавлять новую функциональность в такую систему или приложение.

В большинстве случаев владельцы программных продуктов не желают финансировать полную переработку существующих программ, если те приносят доход и в значительной степени устраивают клиентов, но при этом они расширяют функциональность этих приложений для удовлетворения нужд существующих пользователей и привлечения новых.

В некоторых случаях владельцы таких систем инициируют процесс разработки проектов новых приложений, которые в будущем должны заменить существующие. Однако, пока осуществляется разработка нового проекта, они должны параллельно поддерживать старый продукт и включать в него новые возможности. Таким образом, разработчики, так или иначе, должны иметь дело с унаследованным, устаревшим и некачественным кодом. В статье производится анализ возможных способов работы с таким кодом, их достоинств и недостатков, путей улучшения существующего кода с минимизацией рисков регрессии частей системы.

© Старикова А. А., 2020

1. Способы работы с legacy-кодом

Как правило, при анализе legacy-кода наблюдается полное или частичное несоблюдение базовых принципов проектирования программного обеспечения. При этом необходимо особо отметить следующие основные недостатки legacy-кода:

– сцепление;
– нарушение принципа единственной ответственности;
– нарушение уровней абстракции.

Сцепление (англ. coupling) − взаимозависимость между модулями, затрудняющая понимание логики модулей, их модификацию, автономное тестирование, отдельное их использование. Сильное сцепление увеличивает риск регрессии при изменении программного кода приложения [1].

Принцип единственной ответственности (англ. the single responsibility principle) − один из принципов SOLID, обозначающий, что каждый класс должен иметь единственную цель, и все поведение объекта должно быть направлено только на достижение этой цели. Нарушение принципа единственной ответственности приводит к появлению так называемых «божественных» объектов, которые выполняют множество действий над разными объектами. Это приводит к ухудшению понимания того, за что должен отвечать такой класс. Также нарушение этого принципа часто приводит к тому, что при изменении логики поведения объекта в одном из методов необходимо внести изменения и в другие методы класса [2].

При нарушении уровней абстракции детали реализации расположены не на том уровне системы, а множество низкоуровневых деталей, как правило, затрудняет понимание кода.

Если не предусматривается полная переработка legacy-кода, то разработчик может использовать один из следующих способов:

– продолжать писать такого же качества код, превращая его в legacy-код;

– отделить (локализовать) места интеграции legacy-кода и новых частей системы, и обеспечить разработку правильных архитектурных решений только для этих новых частей;

– выполнять рефакторинг некоторых частей legacy-кода, в частности, мест, в которые необходимо внести изменения по техническому заданию.

Необходимо отметить, что любое вмешательство в существующий код повышает риск регрессии системы и приводит к необходимости тестирования тех ее частей, которые в наибольшей степени подвержены этому риску. Поскольку legacy-код имеет сильное сцепление и

недостаточную или полностью отсутствующую документацию, то риск регрессии при работе с ним достаточно велик, а части системы, подверженные этому риску, часто бывают неочевидны. Это необходимо иметь в виду при интеграции с legacy-кодом и внесении в него каких-либо изменений.

Поэтому с точки зрения разработчика наиболее безопасным решением может оказаться следующее: не производить изменений или улучшений legacy-кода, а лишь исправлять ошибки, которые удается отыскать в нем. При выборе данного решения исправление ошибок должно быть минимальным с точки зрения затрагиваемых частей системы. А это означает повышение вероятности случаев дублирования практически одинакового кода в разных частях системы.

Предположим, что в соответствии с техническим заданием, необходимо внести в некоторую часть системы уже существующий код из другой части, но с некоторыми изменениями.

Наиболее верным решением в данном случае является создание метода, набора методов, класса или библиотеки, содержащих общую логику. Вариативность работы этой логики можно реализовать с помощью набора параметров методов или, в более сложных случаях, подходящих шаблонов проектирования (шаблонного метода, стратегии, абстрактной фабрики и др.). Необходимо отметить, что использование общей логики с различными параметрами или настройками, влечет также изменение (рефакторинг) той части системы, которая по техническому заданию меняться не должна, что повышает риск регрессии и приводит к дополнительным расходам на тестирование.

Поэтому достаточно часто принимается решение о копировании кода из одной части системы в другую и его изменении в соответствии с техническим заданием, т.е. происходит создание еще одной порции legacy-кода. Вследствие этого возникает дублирование кода, приводящее к увеличению сложности поддержки данной функциональности в будущем.

Промежуточным решением может быть создание структур, содержащих общую логику, но применение этих структур только в той части системы, где необходимы изменения по техническому заданию, а также во всех частях системы, где эта логика должна быть внедрена в дальнейшем. В данном случае, правильное архитектурное решение будет использоваться только для изменяемых в рамках технического задания частей системы. При этом также возникает дублирование кода, но только в тех частях системы, изменение которых не вошло в техническое задание. Необходимо отметить, что в указанном случае,

рефакторинг и тестирование этих частей можно будет провести позднее и, возможно, в рамках другой задачи.

2. Рефакторинг legacy-кода

Необходимо понимать, что рефакторинг legacy-кода не сделает этот код «совершенным», «чистым» и архитектурно верным полностью, но он поможет улучшить его понимание и упростить внесение в него изменений.

Поскольку чаще всего владельцы программных продуктов не выделяют ресурсов на рефакторинг, необходимо проводить небольшой анализ улучшений кода во время оценки каждой задачи. В данном случае, имеются в виду улучшения, которые можно сделать наименьшими вложениями. Другими словами, один из способов выполнения хотя бы небольшого рефакторинга − это работать по так называемому «правилу бойскаута», которое сформулировано следующим образом: «Оставь место стоянки чище, чем оно было до тебя» [3].

К наиболее простым и наименее рискованным улучшениям кода относятся:

– сокращение размера метода путем его деления на несколько методов;

– сокращение дублирования путем вынесения части кода в отдельный метод;

– сокращение количества строк, упрощение кода некоторого небольшого блока (например, цикла, условного оператора, небольшого метода), в котором логика и способ улучшения очевидны.

Данные улучшения, как правило, являются локальными, не требуют много времени и не влекут большого риска регрессии.

К более сложным и рискованным улучшениям кода относятся:

– перенос логики на другой уровень абстракции;

– выделение логики в отдельный класс или библиотеку;

– деление одного класса на несколько классов;

– сокращение дублирования путем вынесения части кода в отдельную библиотеку и т.д.

Данные улучшения, хотя и не являются локальными, но, как правило, не требуют много времени, однако имеют более высокий риск регрессии, так как изменяемые классы и их методы могут использоваться в других частях системы.

Самыми сложными и рискованными улучшениями являются:

– оптимизация структуры БД (нормализация);

– оптимизация структуры проекта и зависимости от библиотек;

– устранение избыточных зависимостей путем изменения архитектуры части системы, введения делегатов, интерфейсов, шаблонов проектирования и т.п.

Данные улучшения требуют достаточно много времени на их разработку и тщательного регрессионного тестирования продукта после внедрения, поэтому их необходимость обязательно должна обсуждаться внутри команды разработчиков и с владельцами продукта.

Необходимо отметить, что основным правилом перед началом рефакторинга кода является подготовка тестов, обеспечивающих покрытие областей, подвергающихся изменению, а также областей, где возможна регрессия. При работе с legacy-кодом возникают сложности в подготовке некоторых тестов из-за сильного сцепления частей системы. Однако, при рефакторинге отдельного метода можно использовать unit-тесты данного метода, создание которых не займет много времени, но поможет проверить работу метода до и после изменения [4].

Также следует отметить, что в современных системах разработки существуют расширения-анализаторы кода, такие как Refactoring Essentials for Visual Studio 2017, ReSharper, jSparrow и др., помогающие производить рефакторинг.

Заключение

Вопрос о том, насколько необходим рефакторинг унаследованного кода, должна решать команда разработчиков, менеджеров проектов и владельцы продукта на основании того, насколько долго будет существовать продукт и как много новой функциональности в него планируется внести. Следует помнить, что работа с legacy-кодом должна быть весьма тщательной и кропотливой. Но даже локальный рефакторинг, который имеет наименьшие риски с точки зрения регрессионного тестирования, помогает улучшить понимание кода и скорость внесения изменений в него в будущем.

Список литературы

1. Макконнелл, С. Совершенный код / С. Макконнелл. – 2-е изд. – М. : Русская редакция, 2010. – 233 с.

2. Мартин, Р. Быстрая разработка программ. Принципы, примеры, практика / Р. Мартин, Дж. Ньюкирк, Р. Косс. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Вильямс, 2004. – 752 с.

3. Мартин, Р. Чистый код. Создание, анализ и рефакторинг / Р. Мартин. – Спб: Питер, 2010. – 464 с.

4. Физерс, М. Эффективная работа с унаследованным кодом / М. Физерс. – М. : Вильямс, 2016. – 400 с.

Создание обучающих видеороликов с помощью мобильных приложений

М. В. Суродеева, e-mail: ms.surodeeva@inbox.ru
А. Е. Чеканина, e-mail: arishechka.chekanina@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева"

Аннотация. *В данной работе рассматриваются этапы создания обучающего видеоролика с помощью мобильных приложений iMovie и Movavi Clips.*

Ключевые слова: *обучающий видеролик, мобильное приложение, единый государственный экзамен, системы счисления.*

Введение

Современное образование невозможно представить без применения информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), поэтому педагог должен быть готов к использованию и внедрению новых перспективных средств и методов обучения. Учителю необходимо постоянно повышать свой уровень ИКТ-компетентности. Для эффективного изложения нового материала педагог, наряду с лекционными, практическими и лабораторными формами проведения занятий, может использовать и обучающие видеролики.

Наиболее привлекательным и перспективным направлением развития образовательных видео-технологий является создание собственных обучающих видеороликов или мастер-классов. Процесс создания мастер-класса описан в статье [1].

1. Разработка обучающего видеоролика для решения задачи единого государственного экзамена (ЕГЭ) по информатике на перевод чисел из одной системы счисления в другую

В данной статье описывается технология создания обучающего видеоролика с помощью мобильных приложений. В качестве программного средства монтажа были выбраны два видео-редактора мобильной версии iMovie (рис. 1) и Movavi Clips (рис. 2).

© Суродеева М. В., Чеканина А. Е., 2020

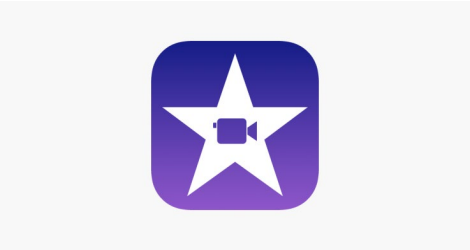


Рис. 1. Иконка мобильного приложения iMovie

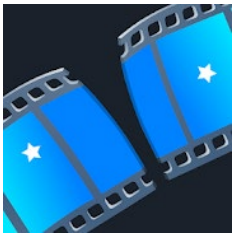


Рис. 2. Иконка мобильного приложения Movavi Clips

Рассмотрим пример разработки обучающего видеоролика для решения задачи единого государственного экзамена (ЕГЭ) по информатике на перевод чисел из одной системы счисления в другую. Данная тема является одной из основных в информатике, поэтому она вынесена в ЕГЭ.

Работа над видеофильмом включает в себя следующие этапы:

1. выбор темы;
2. поиск информации;
3. написание сценария;
4. распределение ролей и репетиция;
5. приготовление декораций;
6. процесс съемки;
7. монтаж готового фильма из видеоклипов и его озвучивание.

Остановимся подробнее на третьем, шестом и седьмом этапах, так как они являются наиболее сложными.

Этап написания сценария завершился следующим методическим текстом.

Рассмотрим решение задания под номером 1 в демоверсии ЕГЭ-2020 по информатике.

Задача: Сколько существует натуральных чисел x, для которых выполняется неравенство 10011011_2<x<10011111_2? В ответе укажите только количество чисел, сами числа писать не нужно.

Задача заключается в определении количества чисел, заключенных между исходными. Можно заметить, что в начальном числе и конечном числе первые пять цифр одинаковы: 10011011 10011111, а отличаются эти числа друг от друга лишь последними тремя цифрами: 10011011 10011111. На этом замечании и основано решение задачи.

Данное задание может быть решено переводом начального и конечного числа в десятичную систему счисления, так как в данной системе счисления нам привычнее и удобнее работать. Чтобы не выполнять, лишнюю работу, предлагаем перевести в десятичную систему счисления только те части чисел, которые являются разными, а именно: 011 и 111 или 11 111, так как стоящий впереди ноль в первом числе можно отбросить, как незначащий. Теперь наша задача состоит в том, чтобы вспомнить и применить способ перевода числа из двоичной системы счисления в десятичную. Он заключается в нахождении суммы степеней двоек: справа налево, начиная с нулевой степени. Далее производим необходимые арифметические действия, т. е.:

$$1*2^1+1*2^0=2+1=3_{10}$$

Проделаем ту же работу со вторым числом:

$$1*2^2+1*2^1+1*2^0=4+2+1=7_{10}$$

После чего считаем количество чисел между числом 3 и числом 7, не включая их самих, так как неравенство, которое дано в задании строгое. Среди натуральных чисел, удовлетворяющих нашему неравенству, получаем три таких числа: 4, 5, 6. А так как части чисел в десятичной системе равны частям исходных, то среди натуральных чисел, заключенных между исходными числами в двоичной системе счисления, тоже ровно трем числам.

2. Монтаж обучающего видеоролик с помощью мобильных приложений iMovie и Movavi Clips

Опишем шестой и седьмой этапы работы над видеороликом.

Для съемки видео был использован iPhone 5S. Далее происходил монтаж видео.

На просторах магазинов приложений *Apps Store* и *Google Play* можно встретить большое количество программ для создания качественного видео, как платных, так и бесплатных. Авторы решили воспользоваться программой *iMovie*, входящей в состав пакета мультимедийных программ *iLife*, поставляемого вместе с компьютерами и мобильными устройствами от *Apple*. Данная программа предназначена

для нелинейного монтажа видеоматериалов (фильмов, роликов, коротких сюжетов, семейного видео и др.) с помощью интуитивно понятных инструментов (рис. 3, 4).

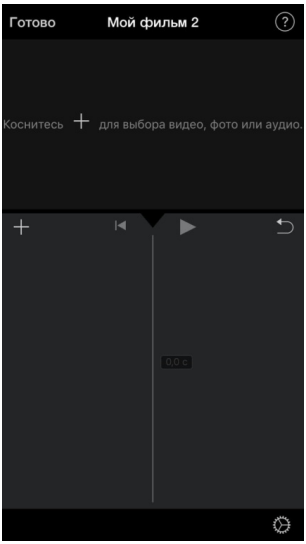


Рис. 3. Интерфейс поля для создания проекта приложения *iMovie*

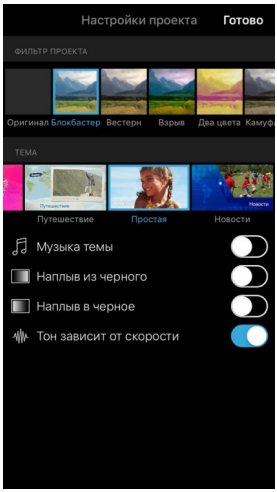


Рис. 4. Интерфейс настроек проекта приложения *iMovie*

iMovie имеет большой ряд возможностей:

– создание библиотеки видеоматериалов;
– нарезка и склеивание кадров;
– добавление и коррекция звука;
– улучшение качества каждого кадра;
– добавление титров;
– добавление спецэффектов и переходов;
– экспортирование материала, на *Youtube*.

Для монтажа с помощью программы *iMovie* на поле *работы* добавляем отснятое видео. Затем на фоне преподавателя выставляем слайды в виде картинок, чтобы пользователь видел само задание и его решение (рис. 5).

Рис. 5. Добавление картинок на фоне видео

Это делается с помощью функции *добавить* (крестик). При этом можно выбрать видео, фото, картинку и т.д. Для того, чтобы картинка была на фоне видео, выбираем функцию *картинка в картинке*, что, на наш взгляд, делается достаточно просто и понятно. Далее видео корректируется на линии *обработки материала*. Там устанавливается время, указывающее, до какого момента картинка остается в кадре и сменяется на следующую. Далее сохраняем видео, нажав на *готово*.

Чтобы видеоролик был более презентабелен и востребован в сети Интернет, было решено добавить в него музыкальное сопровождение. При использовании *iMovie* выяснился большой минус данной программы, а именно, добавление звука не давало возможности вставить музыку из Интернета.

Было принято решение воспользоваться еще одним приложением – *Movavi Clips*. Данный видеоредактор предназначен для мобильных устройств (рис. 6). Он позволяет редактировать видео и монтировать из роликов и фотографий короткие фильмы с переходами, титрами и стикерами, а также накладывать музыку, экспортировать видео в видеофайл либо сразу в приложения *Instagram*, *Facebook*, *Twitter*, *Youtube*. Версию приложения *Movavi Clips* можно установить, как на *Android*, так и на *iOS* с почти идентичным функционалом.

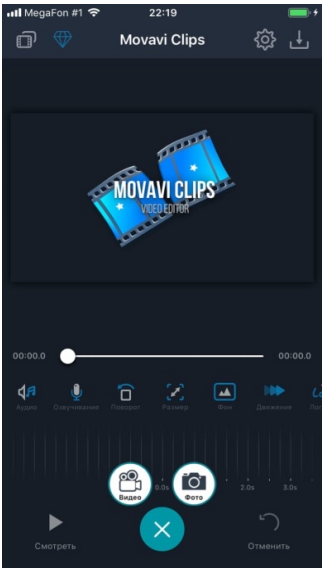


Рис. 6. Интерфейс поля для создания проекта приложения *Movavi Clips*

Итак, для наложения музыки открываем приложение *Movavi Clips*, нажимаем на крестик для создания видео, выбираем видео, добавляем его на *поле редактирования* (рис. 7).

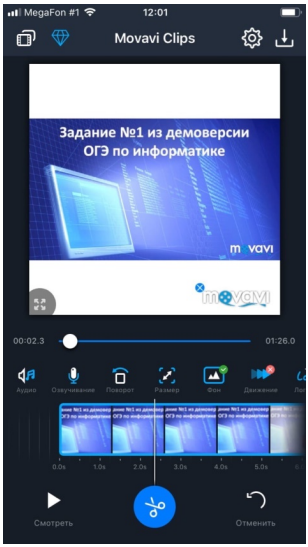


Рис. 7. Редактирования видео в приложении *Movavi Clips*

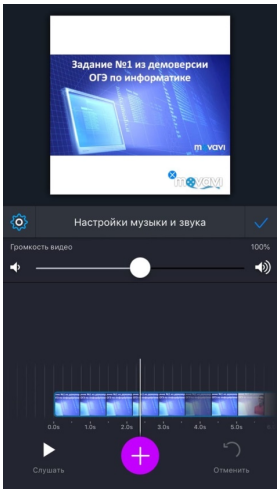


Рис. 8. Редактирование музыки для видео

Дальше выбираем *Аудио*, добавляем музыку, нажав на *крестик*, и на линии *редактирования* растягиваем её до нужного момента (рис. 8). Видео сохраняем и все готово. Хочется отметить один недостаток данной программы, а именно: бесплатных аудио очень мало, многие нужно покупать (рис. 9). Однако для фоновой музыки в начале видеоролика существующих аудио вполне достаточно.

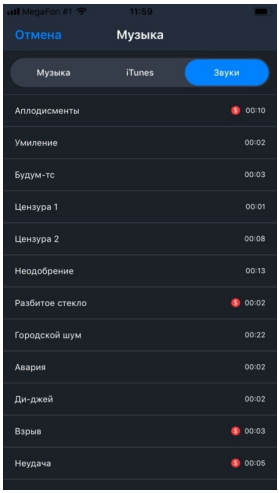


Рис. 9. Музыка в приложении *Movavi Clips*

Обучающий видеоролик размещён в социальной сети «VK» в группе «Физико-математическая школа «Квант»» по адресу: https://vk.com/videos-161518414?z=video-161518414_456239026%2Fclub161518414%2Fpl_-161518414_-2.

Заключение

Данный видеоролик будет полезен не только тем обучающимся, которые готовятся к ЕГЭ, но и тем, кто во время урока по данной теме не смог понять изучаемый материал и хочет его повторить.

Из всего сказанного можно сделать вывод: не всегда необходимо прибегать к сложным и платным видеоредакторам, чтобы создать свой ролик. Иногда просто нужно иметь под рукой телефон с нужным приложением и ваше видео ничем не будет уступать тем, которые смонтированы на компьютере.

Список литературы

1. Сафонова, Л. А. Применение видеотехнологий для создания мастер-классов. / Л. А. Сафонова, В. А. Юнцов // Учебный эксперимент в образовании. – 2019. – № 4 – С. 78-92.

Разработка системы автоматизированного анкетирования для медицинских учреждений

В. А. Ушаков, email: aurel.vu@ya.ru
А. В. Данилова, email: danilova-anyav@mail.ru
Е. Д. Проскуряков, email: proskur.egor@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается разработка информационной системы, которая позволит автоматизировать процесс анкетирования пациентов медицинских учреждений. Анализируется проблема безопасности передачи данных и предлагается вариант её решения.*

Ключевые слова: *мобильное приложение, десктопное приложение, асимметричное шифрование, автоматизированное анкетирование.*

Введение

Для улучшения оказания врачебной помощи в медицинских организациях часто требуется проведение анкетирования пациентов, которое позволяет определить статистику действия различных препаратов или лечебных курсов. Так как медицинское исследование охватывает большое количество людей, то внесение результатов опросов на бумажный носитель, а затем сохранение в электронном виде на компьютере является очень трудоемким и время-затратным процессом. Для повышения его эффективности появилась необходимость автоматизации анкетирования. Это стало целью данной работы.

1. Анализ требований

К разрабатываемой системе были предъявлены следующие требования:

1. Анкетирование должно проводиться с использованием мобильных устройств.
2. Результаты опросов, собранные с помощью разных мобильных устройств, должны собираться в один файл.
3. Требуется обеспечить безопасность передачи данных в связи с тем, что в анкетах содержится персональная информация о пациентах.

В настоящее время существуют системы для проведения электронных опросов, например, Google формы, однако они не

© Ушаков В. А., Данилова А. В., Проскуряков Е. Д., 2020

гарантируют безопасность передачи данных и не удовлетворяют требованиям, выдвинутым работниками медицинских организаций.

2. Проектирование системы

Для того чтобы разрабатываемая система отвечала установленным требованиям, было принято решение реализовать следующие приложения:

– приложение, позволяющее проводить анкетирование на мобильном устройстве и отправлять результаты опросов на компьютер;

– приложение, которое даст возможность получать данные с других устройств и сохранять их;

– приложение, позволяющее создавать и редактировать опросы.

Для обеспечения безопасности передачи данных было принято решение реализовать асимметричное шифрование при помощи алгоритмов RSA [1] и AES-256 [2].

В силу того, что информация может передаваться по открытому каналу, появилась необходимость использования ассиметричного шифрования данных. Для этого было решено применить алгоритм RSA, основанный на вычислительной сложности задачи факторизации больших целых чисел. Этот алгоритм реализован в .Net, однако у него есть недостаток: большое время работы на значительных объемах данных и ограничение размера данных. Так как объем информации, содержащийся в результатах опросов, значительно превышает разрешенный для передачи объем данных, было принято решение использовать алгоритм симметричного шифрования AES-256. Он является симметричным алгоритмом блочного шифрования (размер блока 128 бит, ключ 256 бит) и позволяет надежно шифровать данные за достаточно короткий срок.

На основании описанных выше особенностей и возможностей алгоритмов шифрования было принято решение о последовательности действий сервера и мобильного приложения. Схема передачи данных отражена на Рис. 1. При использовании этого подхода по открытому каналу передаются только публичный ключ RSA шифрования, зашифрованное при помощи алгоритма AES-256 сообщение и ключ для его дешифрования, зашифрованный при помощи алгоритма RSA. Такие действия обеспечивают безопасную передачу данных между мобильным приложением и сервером.

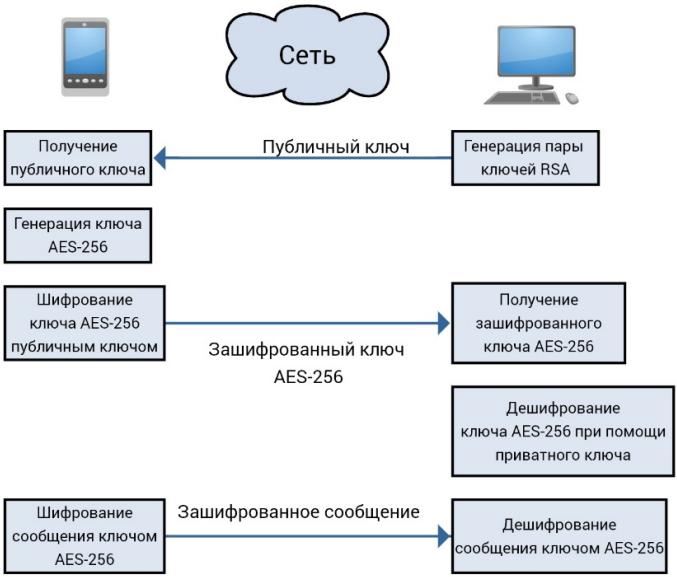


Рис. 1. Схема передачи данных

3. Выбор стека использованных технологий

Для создания системы автоматического анкетирования были выбраны следующие технологии:

– в качестве языка программирования был выбран C#, который обеспечивает полную поддержку объектно-ориентированного программирования (включая инкапсуляцию, полиморфизм и наследование);

– для написания десктопных приложений было принято решение использовать API Windows Forms в связи с удобством разработки и восприятия основных элементов;

– в качестве платформы разработки мобильного приложения был выбран Xamarin, который работает на базе языка C#, что позволило использовать общие классы и библиотеки для работы как десктопных приложений, так и мобильного;

– для взаимодействия по сети было решено использовать протокол TCP.

4. Реализация

Для удобной работы с опросом было принято решение создать библиотеку *Questionary*. Диаграмма входящих в неё классов приведена на Рис. 2.

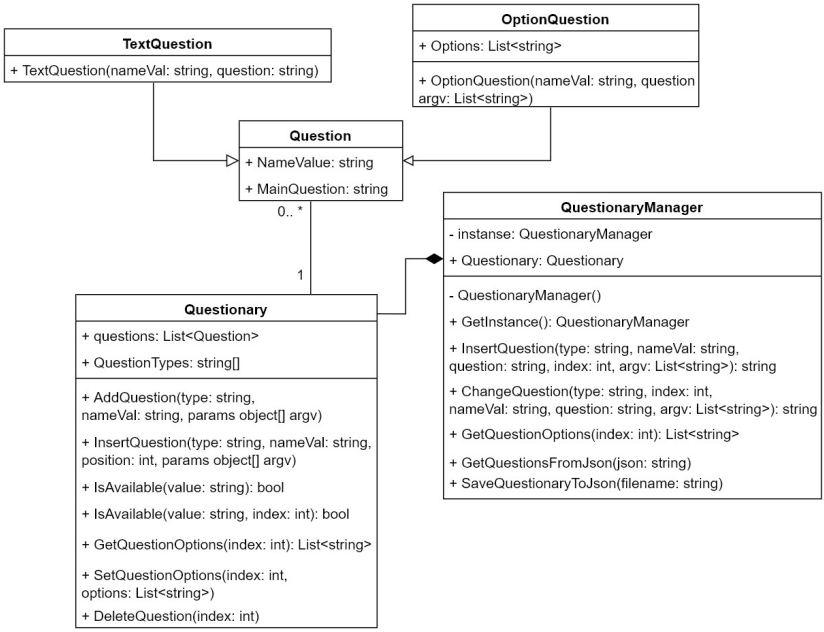


Рис. 2. Диаграмма классов разработанной библиотеки Questionary

В опросе может быть два типа вопроса: с текстовым ответом и с выбором варианта ответа (им соответствуют классы *TextQuestion* и *OptionQuestion*, которые являются потомками класса *Question*). С помощью экземпляра класса *Questionary* можно редактировать опрос, который в нем хранится в виде списка вопросов. Класс *QuestionaryManager* выступает связующим звеном между приложением, в котором используется данная библиотека, и опросом. В этом классе реализован паттерн программирования «Синглтон» [3]. Его использование позволило упростить работу приложений и синхронизировать изменение опроса.

Для приложений был разработан удобный пользовательский интерфейс, который не вызывает трудностей в использовании (Рис. 3. – Рис. 5.).

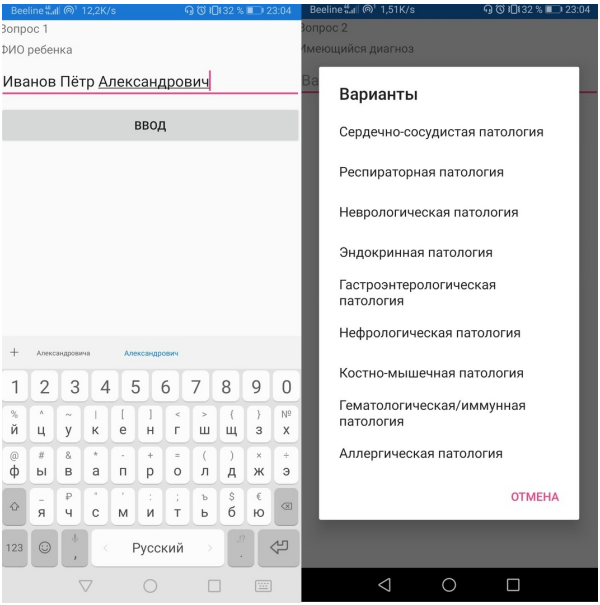


Рис. 3. Интерфейс мобильного приложения

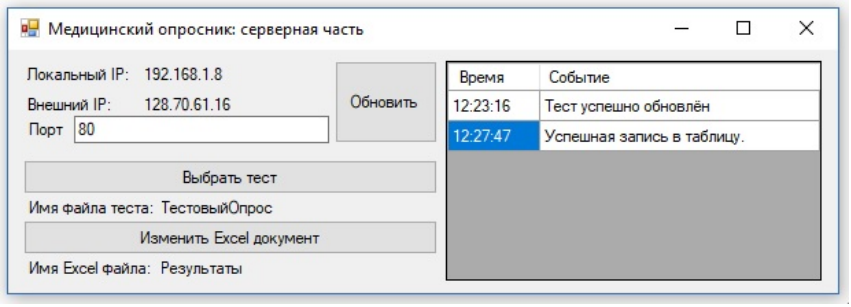


Рис. 4. Интерфейс приложения для обработки и сохранения результатов опроса

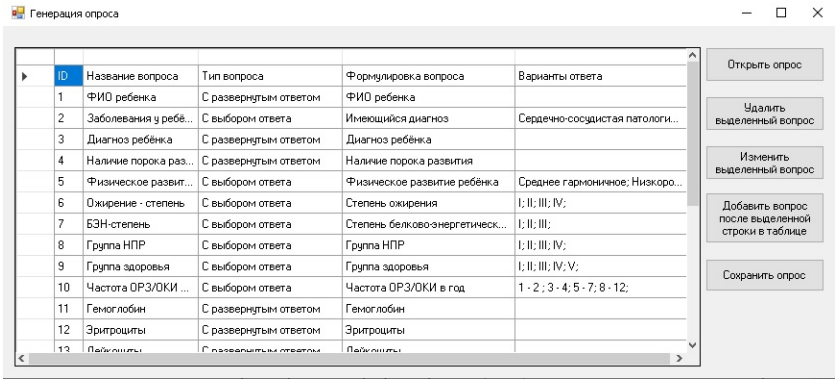


Рис. 5. Интерфейс приложения для генерации опросов

Заключение

Разработанная система автоматизированного анкетирования снижает трудоемкость этого процесса и освобождает время медицинских работников, необходимое для оказания врачебных услуг. Кроме того, она обеспечивает безопасность передачи данных. Также данная система не предполагает наличия специального оборудования, проста в использовании и не требует дополнительного обучения, что делает процесс введения в эксплуатацию не ресурсоёмким и быстрым.

В настоящее время осуществляется тестирование разработанной системы в медицинских учреждениях.

В дальнейшем планируется расширить возможности данной системы путем добавления функций, позволяющих осуществлять анализ собранных результатов опросов, собирать статистику и выявлять закономерности. Это даст возможность медицинским работникам исследовать действие различных препаратов и лечебных курсов на состояние здоровья пациентов и повышать уровень здравоохранения в стране.

Список литературы

1. RSA [Электронный ресурс] : Викиконспекты. – Режим доступа : https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=RSA

2. AES (Advanced Encryption Standard) [Электронный ресурс] : Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана. – Режим доступа : https://ru.bmstu.wiki/AES_(Advanced_Encryption_Standard)

3. Тепляков, С. Паттерны проектирования на платформе .NET / С. Тепляков. – СПб. : Питер, 2015. – 320 с.

Использование механизма Split DNS при развертывании корпоративного почтового сервера

М. К. Чернышов, email: mkch69@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается безопасный способ развертывания почтового сервера организации, доступ к которому гарантированно осуществляется как изнутри локальной сети, так и за ее пределами.*

Ключевые слова: *Split DNS, маршрутизация, почтовый сервер, домен, контроллер домена.*

Введение

Специфика развертывания почтового сервера организации как правило состоит в том, что доступ к корпоративной почте должен осуществляться не только сотрудниками организации, находящимися на рабочем месте, то есть в пределах локальной сети организации, но и сотрудниками, находящимися в тот или иной момент вне этой локальной сети. В этом случае доменное (FQDN) имя почтового сервера должно быть известно во всех сегментах сети Интернет.

Классическим способом решения данной задачи является развертывание почтового сервера непосредственно в сети Интернет с присваиванием ему статического IP-адреса и доменного имени. При этом поддержка такого сервера может осуществляться как силами самой организации, так и внешними компаниями. Однако, с точки зрения компьютерной безопасности этот подход не является надежным: сервер оказывается уязвим для внешних атак.

В качестве альтернативного подхода можно рассматривать развертывание почтового сервера внутри локальной сети организации, защищенной от внешних атак с помощью системы маршрутизации, антивирусной защиты и межсетевого экрана (firewall). Однако в этом случае доступ к серверу из сети Интернет по умолчанию будет закрыт. Решением данной проблемы является использование механизма Split Domain Name System (Split DNS), позволяющего использовать одно и то же доменное имя почтового сервера, сопоставляя его различным IP-адресам для внутреннего, локального использования, и внешнего доступа из сети Интернет. Один из примеров использования данного механизма на практике и рассматривается в данной статье.

© Чернышов М. К., 2020

1. Схема сети. Постановка задачи

На рис. 1 представлена схема тестового фрагмента локальной сети организации с развернутым почтовым сервером внутри нее. Схема построена и реализована в рамках сетевой лаборатории EVE-NG [1].

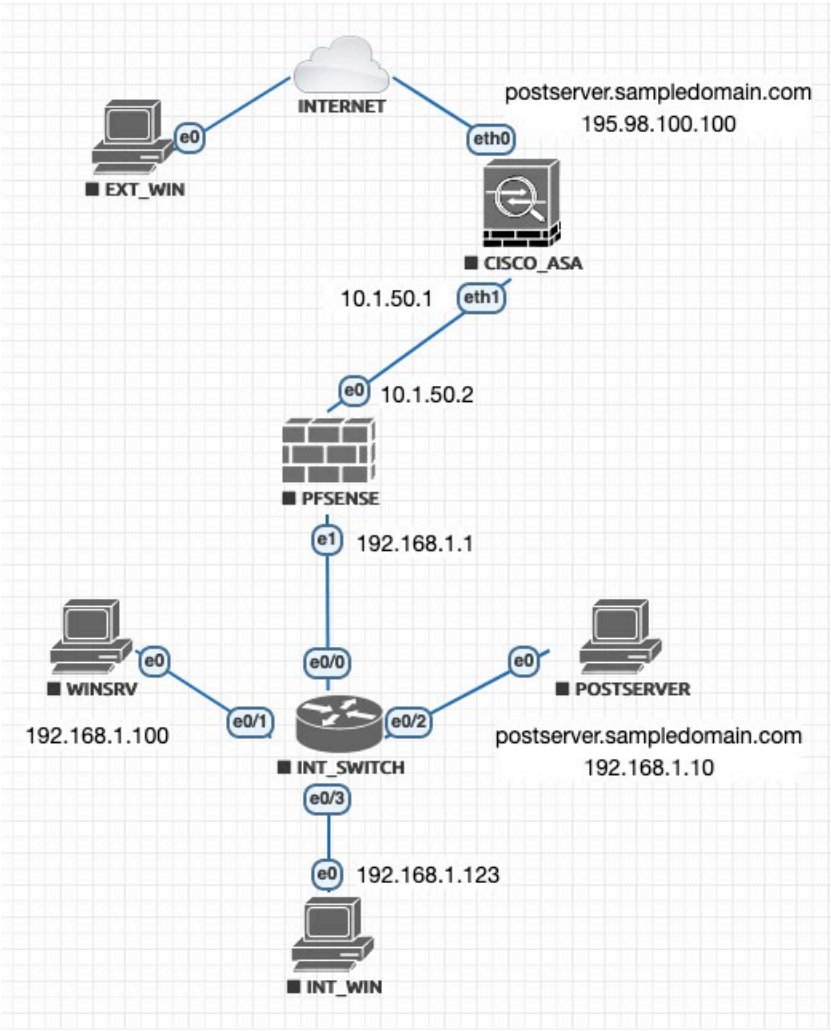


Рис. 1. Примерная схема локальной сети

Рассмотрим структуру данного фрагмента сети подробнее. Почтовый сервер (POSTSERVER) расположен в локальной сети организации, использующей IP-адрес сети 192.168.1.0/24. При этом IP-адрес самого почтового сервера – 192.168.1.10. Сеть использует доменную структуру. В роли контроллера домена выступает Windows сервер с адресом 192.168.1.100. В этом случае на контроллере домена развернут локальный DNS сервер, способный разыменовывать IP-адреса компьютеров в локальной сети.

Для доступа в Интернет используется программный маршрутизатор PFSENSE [2] с развернутым на нем прокси сервером Squid, имеющий два сетевых интерфейса. Внутренний интерфейс (192.168.1.1) является шлюзом для получения доступа в сеть Интернет всех пользователей локальной сети. Внешний интерфейс (10.1.50.2) для этих пользователей напрямую недоступен.

Специфика работы организации такова, что непосредственно для доступа в Интернет используется аппаратный межсетевой экран CISCO_ASA [3], использование которого обусловлено некоторыми дополнительными требованиями (создание резервного канала для доступа в Интернет, настройка VPN соединений для доступа к различным ресурсам локальной сети извне), обсуждение которых выходит за рамки данной статьи. При этом внутренний интерфейс данного устройства имеет адрес 10.1.50.1, находящийся во внешней сети маршрутизатора PFSENSE, а его внешний интерфейс со статическим адресом 195.98.100.100 зарегистрирован в сети Интернет.

При этом требуется организовать получение доступа к почтовому серверу POSTSERVER из сети Интернет (в частности, с компьютера EXT_WIN), назначив ему доменное имя postserver.sampledomain.com, а также из локальной сети (например, с компьютера INT_WIN).

2. Этапы развертывания почтового сервера

Алгоритм решения поставленной задачи состоит из нескольких шагов.

Вначале требуется зарегистрировать доменное имя для вновь созданного Интернет-домена. В нашем примере в качестве данного имени выбрано имя sampledomain.com. С регистрацией имени проблем возникнуть не должно – существует множество сторонних организаций, предоставляющих данную услугу.

Далее в настройках вновь созданного домена требуется создать ресурсную запись DNS типа A [4], назначив доменное имя сервера postserver.sampledomain.com внешнему сетевому интерфейсу устройства CISCO_ASA (195.98.100.100). В этом случае все пользователи сети Интернет будут осуществлять доступ к развертываемому почтовому

серверу по имени postserver.sampledomain.com, обращаясь на самом деле к указанному IP-адресу.

Однако получить доступ к самому почтовому серверу в этом случае не удастся в связи с тем, что из соображений безопасности все внутренние ресурсы локальной сети изолированы от внешнего мира системой маршрутизации и сетевыми экранами как устройства CISCO_ASA, так и маршрутизатора PFSENSE. В данной ситуации на каждом из этих устройств необходимо организовать проброс портов [5], то есть использовать механизм, который позволяет обращаться из сети Интернет к компьютеру во внутренней сети, расположенному за неким маршрутизатором, использующим технологию NAT (Network Address Translation). Применяя данную технологию на обоих устройствах CISCO_ASA и PFSENSE, мы получим возможность последовательно перенаправить запрос, поступающий на внешний интерфейс CISCO_ASA, вначале на его внутренний интерфейс, затем на внешний интерфейс маршрутизатора PFSENSE. Далее этот запрос, в свою очередь, будет перенаправлен на внутренний интерфейс маршрутизатора PFSENSE и, наконец, доставлен к интерфейсу самого почтового сервера POSTSERVER.

К сожалению, при этих настройках получить доступ к почтовому серверу по-прежнему не удастся. Дело в том, что Интернет-запрос будет осуществляться по внешнему доменному имени сервера, которое ассоциировано с IP-адресом 195.98.100.100, не соответствующим его реальному внутреннему IP-адресу 192.168.1.10. Именно поэтому на последнем шаге для решения поставленной задачи необходимо выполнить настройку внутреннего DNS сервера, установленного на контроллере домена WINSRV. В нем требуется создать новую прямую доменную зону с именем sampledomain.com, а также структурную запись типа A в этой зоне с именем postserver.sampledomain.com и IP-адресом 192.168.1.10. В настройках самого почтового сервера должны быть указаны те же данные. Отметим, что имя внутреннего домена не должно совпадать с именем домена sampledomain.com, поскольку локальная сетевая структура организации не должна пересекаться со структурой сети Интернет.

Заключение

Таким образом, благодаря использованию механизма Split DNS, доступ к почтовому серверу по одному и тому же доменному имени получат и пользователи локальной сети, и пользователи сети Интернет, однако обращаться на самом деле они будут к различным IP-адресам. При этом уровень защищенности сервера будет достаточно высок.

Отметим, что данная идея апробирована в реальных условиях и внедрена на одном из предприятий г. Воронежа.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-0003.

Список литературы

1. Сетевая лаборатория EVE-NG [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : https://www.eve-ng.net/

2. PfSense [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : https://www.pfsense.org/

3. Cisco ASA [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Cisco_ASA

4. Типы ресурсных записей DNS [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Типы_ресурсных_записей_DNS

5. NAT [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/NAT

Секция 2

Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Математическая модель для мониторинга и прогнозирования изменений уровня грунтовых вод и концентрации солей в них

Н. Равшанов, email: ravshanzade-09@mail.ru [1]
Ш. Далиев, email: daliyev.sherzod@mail.ru [2]

[1] Ташкентский университет информационных технологий
[2] Самаркандский государственный университет

Аннотация. *Рассматривается разработка математической модели процессов движения грунтовых вод и распространения в них минеральных солей, описываемой системой дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями, а также консервативного численного алгоритма. Предложенное математическое обеспечение ориентировано на решение задач мониторинга и прогнозирования водно-солевого режима почвогрунтов акватории Аральского моря и приаральского региона.*

Ключевые слова: *геофильтрационные системы, пористые среды, засоление, модель, численный алгоритм.*

Введение

Основные задачи гидрогеологии, в том числе задачи, связанные с освоением земель, мелиоративным и ирригационным строительством, оценкой запасов и ресурсов подземных вод и многие другие, в конечном итоге предусматривают прогнозирование гидродинамического и гидромеханического режима подземных вод, представляющих собой тесно взаимосвязанный элемент единой геофильтрационной системы.

Изменение минерализации и химического состава грунтовых вод орошаемых территорий определяется гидрохимическими, геоморфологическими и ирригационно-хозяйственными условиями, которые влияют на процессы массопереноса растворимых веществ: конвективное перемещение солей фильтрационным потоком, фильтрационная диффузия, растворение солей или их выпадение в твердую фазу.

Особый интерес при исследовании структурного состояния водных растворов и других физико-химических явлений в почвогрунтах связан с проблемой понижения уровня Аральского моря, которое вызвало значительные изменения в эксплуатации водоносных горизонтов,

© Равшанов Н., Далиев Ш. 2020

грунтовых вод в прибрежной зоне, и оказало негативное влияние на окружающую среду. По сути, был ликвидирован рыбохозяйственный промысел, ухудшились условия эксплуатации подземных вод, обеднела фауна, а освободившаяся от моря поверхность подвергается эоловым процессам, влекущим снижение продуктивности пастбищ и сельхозугодий, прилегающих к Аральскому морю.

В практике гидрогеологических мелиоративных прогнозов для исследования гидрохимического режима грунтовых вод и солевого режима почвогрунтов в основном применяются следующие методы: балансовые, корреляционно-регрессионные, идентификационные, аналитические и численные. Отметим, что корректный прогноз гидрогеохического режима подземных вод должен основываться на анализе всего сложного многообразия природных условий, т.е. на основе совместного исследования процессов фильтрации, диффузии и физико-химического массообмена.

Комплексной решение такой проблемы требует разработки универсального вычислительного аппарата, который позволит объединить все этапы исследования, начиная от теоретического анализа существующих процессов и заканчивая прогнозированием гидрогеологической обстановки изучаемой области фильтрации. Это целесообразно осуществлять с помощью построения математических моделей и организации на их базе вычислительного эксперимента, который позволит выбрать адекватную математическую модель соответствующую рассматриваемой геофильтрационной обстановке.

Основы науки о движении подземных вод (гидрогеологии) и изменении концентрации солей в них рассмотрены в работах: А.Дарси, Ж.Дюпюи, Н.Е. Журковского, Ф. Форхгеймера и др. Большую роль в разработке и усовершенствования математических методов, численных методов для решения поставленных задач с интенсивным развитием теории и практики движения подземных вод связанны с именами выдающихся ученых: П.Я. Полубариновой-Кочиной, В.И.Аравиной, С.Н. Нумеровой, Г.Н. Каменского, А.И. Силина-Бекчурина, Ф.Б. Абуталиева, Э.Б. Абуталиева, П.П. Климентова, Г.Б. Пыхачева, В.А. Мироненко, И.К. Гавича и др.

По проблемам математического моделирования процессов фильтрации подземных вод в многослойных пористых средах и изменений их гидрохимического состава с целью прогнозирования и принятия управленческих решений получены значительные результаты теоретического и прикладного характера.

В частности, в работе [1] произведен анализ запасов пресных вод с учётом изменением климата на основе разработанных математических

моделей объекта исследования. Осуществимость и возможности этих моделей продемонстрированы на примере прогнозирования уровня грунтовых вод на пять дней вперед в засушливом и полузасушливом бассейне, расположенном на северо-западе Китая. Обнадеживающие результаты моделирования показывают, что методология может упростить и улучшить процедуру прогнозирования уровня подземных вод.

В работе [2] для анализа и прогнозирования уровня подземных вод разработана математическая модель для выполнения асимптотического анализа полей избыточного напора с фильтрационной консолидацией в двойной релаксационной системе. Показано, что на начальных этапах консолидации учет релаксационных свойств деформируемой пористой среды важен в случае резких и значительных изменений в давлении. В общем случае, динамика фильтрационной консолидации пористой среды может быть численно смоделирована в рамках рассматриваемой математической модели.

Авторами статьи [3] разработана математическая модель процесса переноса соли при фильтрации с учетом процесса инфильтрации в ненасыщенном слоистом грунте. Для решения задачи был использован конечно-разностный метод и были проведены численные эксперименты на ЭВМ.

В [4] разработана математическая модель процесса фильтрации солоноватой воды с учетом температурного градиента для северных полузасушливых районов Китая. Результаты численного решения задачи показывают, что градиент температуры почвы оказывает определенное влияние на водно-солевую миграцию. Отмечено, что при проведении экспериментов влияние градиента температуры на миграцию соли было больше, чем влияние движения воды.

Е.И. Андерсоном [5] рассмотрен двумерный устойчивый поток грунтовых вод в вертикальной плоскости и, получено аналитическое решение, используя которое проведено исследование взаимодействия воды с поверхностью грунтовых вод-потоков. Водоносный слой принимался идеализированным – в виде бесконечной полосы, а русло смоделировано в виде горизонтальной эквипотенциальной функции.

Работы [6-7] посвящены численному моделированию процесса влаго- и солепереноса в почвогрунтах. Для проведения комплексного исследования предложена математическая модель с учетом кольматации пор грунта мелкодисперсными частицами со временем; изменения коэффициента проницаемости почвы; водоотдачи и коэффициента фильтрации; изменения начальной пористости и пористости осевшей массы. Также разработан эффективный численный алгоритм,

основанный на векторной схеме Самарского-Фрязинова со вторым порядком аппроксимации. Для вывода математической модели солепереноса предположено, что градиент давления в канале постоянный и равен атмосферному давлению. Результаты расчетов по предложенному алгоритму приведены в виде графических объектов и дан подробный анализ этих результатов.

1. Постановка задачи

При формировании запасов пресных вод, с практический точки зрения, актуальной задачей является организация процесса опреснения соленых вод грунтового водоносного горизонта. При этом следует совместно рассматривать зависимость времени поступления пресной воды к водозабору и изменения минерализации грунтовых вод между контурами питания и водозабора.

Для подробного и комплексного изучения процесса солепереноса в пористых средах, важное значение имеет разработка адекватной математической модели, описывающей основные свойства объекта исследования. Мониторинг и прогнозирование солевого режима грунтового водоносного горизонта в значительной степени зависят от степени определения основных параметров процесса переноса и диффузии солей в слоистых пористых средах.

Для математического моделирования гидрохимических процессов, происходящих в слоистых пористых средах с учетом взаимодействия внешних факторов испарения и инфильтрации, схематически можно представить эту задачу в виде рис. 1. Рис. 1. .

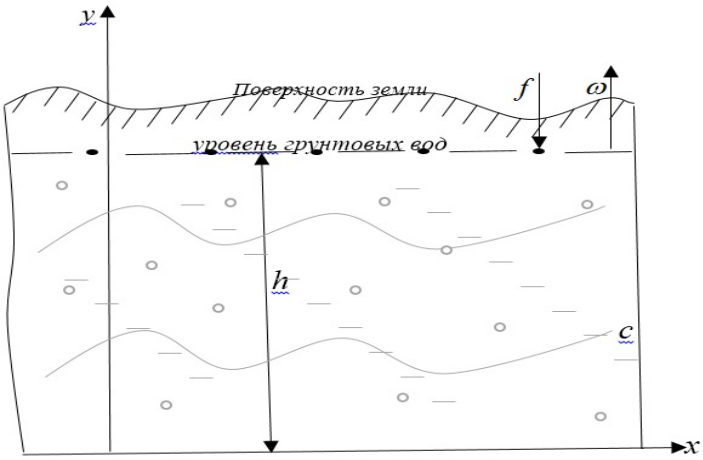


Рис. 1. Схематическое представление моделируемого процесса

Принятые условия прогнозирования уровня поземных вод и изменения концентрации солей в них (грунтовых водоносных горизонтах) при процессе фильтрации дают основание представить математическую модель объекта в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных:

$$\left.\begin{aligned} \mu\frac{\partial h}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial x}(kh\frac{\partial h}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(kh\frac{\partial h}{\partial y})+f-\omega, \\ \mu h\frac{\partial \theta}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial x}(Dh\frac{\partial \theta}{\partial x})+ \\ &+\frac{\partial}{\partial y}(Dh\frac{\partial \theta}{\partial y})-v_x h\frac{\partial \theta}{\partial x}-v_y h\frac{\partial \theta}{\partial y}+f\cdot\theta_f. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Здесь $h(x,y,t)$ - уровень грунтовых вод; μ - коэффициент водоотдачи или недостатка насыщения; k - коэффициент фильтрации; f - внешний источник; ω - испарение; $\theta(x,y,t)$ - концентрация солей в грунтовом водоносном горизонте; v_x, v_y - компоненты скорости фильтрации; D - коэффициенты конвективной диффузии солей; θ_f - концентрация солей, поступающих из инфильтрационных вод,

$$v_x=-k\frac{\partial h}{\partial x},\ v_y=-k\frac{\partial h}{\partial y}.$$

Система уравнений (1) решается при следующих начальных и граничных условиях:

$$h(x,y,t_0)=h_0(x,y),\ \theta(x,y,t_0)=\theta_0(x,y)\ \text{ при }\ t=t_0\,, \tag{2}$$

$$kh\frac{\partial h}{\partial x}\bigg|_{x=0}=-\lambda(h-h_0),\ \ kh\frac{\partial h}{\partial x}\bigg|_{x=L}=\lambda(h-h_0), \tag{3}$$

$$kh\frac{\partial h}{\partial y}\bigg|_{y=0}=-\lambda(h-h_0),\ \ kh\frac{\partial h}{\partial y}\bigg|_{y=L}=\lambda(h-h_0), \tag{4}$$

$$\mu h\frac{\partial \theta}{\partial x}\bigg|_{x=0}=-(\theta-\theta_0),\ \ \mu h\frac{\partial \theta}{\partial x}\bigg|_{x=L}=(\theta-\theta_0), \tag{5}$$

$$\mu h\frac{\partial \theta}{\partial y}\bigg|_{y=0}=-(\theta-\theta_0),\ \ \mu h\frac{\partial \theta}{\partial y}\bigg|_{y=L}=(\theta-\theta_0). \tag{6}$$

Здесь $h_0(x,y,t_0)$ - начальный уровень грунтовых вод; λ - коэффициент для приведения граничного условия к со размерному виду; $\theta_0(x,y,t_0)$ - начальные распределения солей в водоносных горизонтах.

Для решения поставленной задачи введем безразмерные переменные:

$$h^*=\frac{h}{h_0},\ \ x^*=\frac{x}{L},\ \ y^*=\frac{y}{L},\ \ k^*=\frac{k}{k_0},$$

$$\tau=\frac{k_0h_0}{\mu L^2}t,\ \theta^*=\frac{\theta}{\theta_0},\ \ D^*=\frac{D}{D_0}.$$

Тогда задача (1) - (6) примет следующий вид:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{1}{h^*}\frac{\partial h^{*2}}{\partial \tau}=\frac{\partial}{\partial x^*}(k^*\frac{\partial h^{*2}}{\partial x^*})+\frac{\partial}{\partial y^*}(k^*\frac{\partial h^{*2}}{\partial y^*})+\xi(f-\omega),\\
&h^*\frac{\partial \theta^*}{\partial \tau}=\xi_1\frac{\partial}{\partial x^*}(D^*h^*\frac{\partial \theta^*}{\partial x^*})+\xi_1\frac{\partial}{\partial y^*}(D^*h^*\frac{\partial \theta^*}{\partial y^*})-\\
&\qquad -\xi_2v_xh^*\frac{\partial \theta^*}{\partial x^*}-\xi_2v_yh^*\frac{\partial \theta^*}{\partial y^*}+\xi_3f\,\theta_f\,.
\end{aligned}\right\} \tag{7}$$

В дальнейшем для простоты знак «*» в уравнениях будем опускать, и задача (7) в безразмерных переменных запишется следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\tilde{h}}\frac{\partial h^2}{\partial \tau} &= \frac{\partial}{\partial x}(k\frac{\partial h^2}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(k\frac{\partial h^2}{\partial y}) + \xi(f-\omega), \\ h\frac{\partial \theta}{\partial \tau} &= \xi_1\frac{\partial}{\partial x}(D\frac{\partial \theta}{\partial x}) + \xi_1\frac{\partial}{\partial y}(D\frac{\partial \theta}{\partial y}) - \\ &\quad -\xi_2 v_x h\frac{\partial \theta}{\partial x} - \xi_2 v_y h\frac{\partial \theta}{\partial y} + \xi_3 f\,\theta_f . \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

$$h(x,y,\tau_0) = h_0(x,y),\ \theta(x,y,\tau_0) = \theta_0(x,y) \text{ при } \tau = \tau_0, \qquad (9)$$

$$\frac{k_0 h_0}{L} kh\frac{\partial h}{\partial x}\bigg|_{x=0} = -\lambda(h_0 h - h_0),\ \frac{k_0 h_0}{L} kh\frac{\partial h}{\partial x}\bigg|_{x=1} = \lambda(h_0 h - h_0), \qquad (10)$$

$$\frac{k_0 h_0}{L} kh\frac{\partial h}{\partial y}\bigg|_{y=0} = -\lambda(h_0 h - h_0),\ \frac{k_0 h_0}{L} kh\frac{\partial h}{\partial y}\bigg|_{y=1} = \lambda(h_0 h - h_0), \qquad (11)$$

$$\frac{\mu\theta_0 h_0}{L} h\frac{\partial \theta}{\partial x}\bigg|_{x=0} = -(\theta_0\theta - \theta_0),\ \frac{\mu\theta_0 h_0}{L} h\frac{\partial \theta}{\partial x}\bigg|_{x=1} = (\theta_0\theta - \theta_0), \qquad (12)$$

$$\frac{\mu\theta_0 h_0}{L} h\frac{\partial \theta}{\partial y}\bigg|_{y=0} = -(\theta_0\theta - \theta_0),\ \frac{\mu\theta_0 h_0}{L} h\frac{\partial \theta}{\partial y}\bigg|_{y=1} = (\theta_0\theta - \theta_0). \qquad (13)$$

Здесь

$$\xi = \frac{2L^2}{k_0 h_0^2},\ D = Dh,\ \xi_1 = \frac{D_0}{k_0 h_0},\ \xi_2 = \frac{L}{h_0 k_0},\ \xi_3 = \frac{L^2}{k_0 h_0^2 \theta_0}.$$

2. Метод решения

Так как поставленная задача описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, то получить аналитическое решение затруднительно.

Для решения задачи (8) - (13) применяем метод конечных разностей. Для этого непрерывную область решения задачи заменяем сеточной:

$$\omega_{\Delta x,\Delta y,\Delta\tau} = \{x = i\Delta x;\ i = 0,1,2,...I;\ y = j\Delta y;$$
$$j = 0,1,...,J;\ t_n = n\tau;\ n = 1,2,...,N\}.$$

Далее, аппроксимируем уравнение (8) для $n+\frac{1}{2}$ слоя и используем неявную схему на сетке $\omega_{\Delta x,\Delta y,\Delta\tau}$ в виде [1, 2].

Нелинейные члены разностного уравнения (8) представляются в виде:

$$\psi(h) \cong \psi(\tilde{h}) + (h - \tilde{h}) \frac{\partial \psi(\tilde{h})}{\partial h}. \qquad (14)$$

Здесь $\tilde{h}$ - приближенное значение функции h, которое уточняется в процессе итерации $\tilde{h} = h_{i,j}^{(s)}$, при этом $h_{i,j}^{(0)} = \tilde{h}_{i,j}$.

Исходя из формулы линеаризации (14), систему (8) запишем для квадрата функции уровня $h^2 \approx 2\tilde{h}h - \tilde{h}^2$ и, в конечном итоге, получим следующее:

$$
\left.
\begin{aligned}
&k_{i-0.5,j}2\tilde{h}_{i-1,j}h_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}-(\frac{2\Delta x^2}{0.5\tau}+(k_{i-0.5,j}+k_{i+0.5,j})\times\\
&\times 2\tilde{h}_{i,j})h_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}+k_{i+0.5,j}2\tilde{h}_{i+1,j}h_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}=-\frac{2\Delta x^2 h_{i,j}^n}{0.5\tau}-\\
&-(k_{i-0.5,j}+k_{i+0.5,j})\tilde{h}_{i,j}^2+k_{i+0.5,j}\tilde{h}_{i+1,j}^2-\frac{\Delta x^2}{\Delta y^2}\times\\
&\times[k_{i,j-0.5}(2\tilde{h}_{i,j-1}h_{i,j-1}^n-\tilde{h}_{i,j-1}^2)-(k_{i,j-0.5}+k_{i,j+0.5})\times\\
&\times(2\tilde{h}_{i,j}h_{i,j}^n-\tilde{h}_{i,j}^2)]-\frac{\Delta x^2}{\Delta y^2}\left[k_{i,j+0.5}(2\tilde{h}_{i,j+1}h_{i,j+1}^n-\tilde{h}_{i,j+1}^2)\right]-\\
&-2\Delta x^2\xi(f_{i,j}-\omega_{i,j}),\\
&[\frac{\xi_1}{\Delta x^2}D_{i-0.5,j}+\frac{\xi_2 h_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{2\Delta x}(|v_x|+v_x)]\theta_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}-[\frac{h_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{0.5\tau}+\\
&+\frac{\xi_1}{\Delta x^2}(D_{i-0.5,j}+D_{i+0.5,j})++\frac{\xi_2 h_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x}v_x]\theta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}+[\frac{\xi_1}{\Delta x^2}\times\\
&\times D_{i+0.5,j}-\frac{\xi_2 h_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{2\Delta x}(|v_x|-v_x)]\theta_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}=-[\frac{h_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{0.5\tau}\theta_{i,j}^n+\frac{\xi_1}{\Delta y^2}\times\\
&\times[D_{i,j-0.5}\theta_{i,j-1}^n-(D_{i,j-0.5}+D_{i,j+0.5})\theta_{i,j}^n+\\
&+D_{i,j+0.5}\theta_{i,j+1}^n]-\frac{\xi_2 h_{i,j}^n}{2\Delta y}[2v_y\theta_{i,j}^n-(|v_y|+v_y)\theta_{i,j-1}^n+\\
&+(|v_y|-v_y)\theta_{i,j+1}^n]+\xi_3 f_{i,j}\theta_{fi,j}].
\end{aligned}
\right\} \quad (15)
$$

Проведя некоторые преобразования и группируя схожие члены, конечно-разностную систему (15) перепишем в виде:

$$a_{i,j}h^{n+\frac{1}{2}}_{i-1,j} - b_{i,j}h^{n+\frac{1}{2}}_{i,j} + c_{i,j}h^{n+\frac{1}{2}}_{i+1,j} = -d^n_{i,j}; \quad (16)$$

$$a^1_{i,j}\theta^{n+\frac{1}{2}}_{i-1,j} - b^1_{i,j}\theta^{n+\frac{1}{2}}_{i,j} + c^1_{i,j}\theta^{n+\frac{1}{2}}_{i+1,j} = -\tilde{d}^n_{i,j}. \quad (17)$$

Здесь

$$a_{i,j} = k_{i-0.5,j}2\tilde{h}_{i-1,j},$$

$$b_{i,j} = \left(\frac{2\Delta x^2}{0.5\tau} + (k_{i-0.5,j} + k_{i+0.5,j})2\tilde{h}_{i,j}\right),$$

$$c_{i,j} = k_{i+0.5,j}2\tilde{h}_{i+1,j},$$

$$d^n_{i,j} = \frac{2\Delta x^2 h^n_{i,j}}{0.5\tau} + (k_{i-0.5,j} + k_{i+0.5,j})\tilde{h}^2_{i,j} -$$

$$-k_{i+0.5,j}\tilde{h}^2_{i+1,j} + \frac{\Delta x^2}{\Delta y^2}[k_{i,j-0.5}(2\tilde{h}_{i,j-1}h^n_{i,j-1} - \tilde{h}^2_{i,j-1}) -$$

$$-(k_{i,j-0.5} + k_{i,j+0.5})(2\tilde{h}_{i,j}h^n_{i,j} - \tilde{h}^2_{i,j})] +$$

$$+\frac{\Delta x^2}{\Delta y^2}\left[k_{i,j+0.5}(2\tilde{h}_{i,j+1}h^n_{i,j+1} - \tilde{h}^2_{i,j+1})\right] + 2\Delta x^2\xi(f_{i,j} - \omega_{i,j})$$

$$a^{1\,n+\frac{1}{2}}_{i,j} = \left(\frac{\xi_1}{\Delta x^2}D_{i-0.5,j} + \frac{\xi_2 h_{i,j}}{2\Delta x}(|v_x| + v_x)\right),$$

$$b^{1\,n+\frac{1}{2}}_{i,j} = \left(\frac{h_{i,j}}{0.5\tau} + \frac{\xi_1}{\Delta x^2}(D_{i-0.5,j} + D_{i+0.5,j}) + \frac{\xi_2 h_{i,j}}{\Delta x}v_x\right),$$

$$c^{1}_{i,j} = (\frac{\xi_1}{\Delta x^2} D_{i+0.5,j} - \frac{\xi_2 h^{n+\frac{1}{2}}_{i,j}}{2\Delta x}(|v_x| - v_x)),$$

$$\tilde{d}^{n}_{i,j} = (\frac{h^{n+\frac{1}{2}}_{i,j}}{0.5\tau}\theta^{n}_{i,j} + \frac{\xi_1}{\Delta y^2}(D_{i,j-0.5}\theta^{n}_{i,j-1} -$$

$$-(D_{i,j-0.5} + D_{i,j+0.5})\theta^{n}_{i,j} + D_{i,j+0.5}\theta^{n}_{i,j+1}) -$$

$$-\frac{\xi_2 h^{n}_{i,j}}{2\Delta y}[2v_y\theta^{n}_{i,j} - (|v_y| + v_y)\theta^{n}_{i,j-1} +$$

$$+(|v_y| - v_y)\theta^{n}_{i,j+1}] + \xi_3 f_{i,j}\theta_{fi,j}).$$

Полученные системы уравнений (16) и (17), относительно искомых переменных решаем методом прогонки, где прогоночные коэффициенты вычисляются с помощью:

$$h^{n+\frac{1}{2}}_{i,j} = \alpha_{i+1,j} h^{n+\frac{1}{2}}_{i+1,j} + \beta_{i+1,j}; \qquad (18)$$

$$\theta^{n+\frac{1}{2}}_{i,j} = \alpha^{1}_{i+1,j} \theta^{n+\frac{1}{2}}_{i+1,j} + \beta^{1}_{i+1,j}. \qquad (19)$$

$\alpha_{i,j}$, $\beta_{i,j}$ и $\alpha^{1}_{i,j}$, $\beta^{1}_{i,j}$ - коэффициенты прогонки.

$$\alpha_{i+1,j} = \frac{c_{i,j}}{b_{i,j} - a_{i,j}\alpha_{i,j}}, \quad \beta_{i+1,j} = \frac{d^{n}_{i,j} + a_{i,j}\beta_{i,j}}{b_{i,j} - a_{i,j}\alpha_{i,j}},$$

$$\alpha^{1}_{i+1,j} = \frac{c^{1}_{i,j}}{b^{1}_{i,j} - a^{1}_{i,j}\alpha^{1}_{i,j}}, \quad \beta^{1}_{i+1,j} = \frac{\tilde{d}^{n}_{i,j} + a^{1}_{i,j}\beta^{1}_{i,j}}{b^{1}_{i,j} - a^{1}_{i,j}\alpha^{1}_{i,j}}.$$

Далее, соответственно, аппроксимируем граничные условия (9) - (13):

$$\frac{k_0 h_0}{2L} k_{1,j} \frac{\tilde{h}_{1,j} h_{1,j}^{n+\frac{1}{2}} - \tilde{h}_{1,j}^2 - \tilde{h}_{0,j} h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} + \tilde{h}_{0,j}^2}{\Delta x} = -\lambda (h_0 h_{1,j}^{n+\frac{1}{2}} - h_0), \tag{20}$$

$$\frac{k_0 h_0}{2L} k_{I,j} \frac{\tilde{h}_{I,j} h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} - \tilde{h}_{I,j}^2 - \tilde{h}_{I-1,j} h_{I-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \tilde{h}_{I-1,j}^2}{\Delta x} = \lambda (h_0 h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} - h_0), \tag{21}$$

$$\frac{k_0 h_0}{2L} k_{i,1} \frac{\tilde{h}_{i,1} h_{i,1}^{n+1} - \tilde{h}_{i,1}^2 - \tilde{h}_{i,0} h_{i,0}^{n+1} + \tilde{h}_{i,0}^2}{\Delta y} = -\lambda (h_0 h_{i,1}^{n+1} - h_0), \tag{22}$$

$$\frac{k_0 h_0}{2L} k_{i,J} \frac{\tilde{h}_{i,J} h_{i,J}^{n+1} - \tilde{h}_{i,J}^2 - \tilde{h}_{i,J-1} h_{i,J-1}^{n+1} + \tilde{h}_{i,J-1}^2}{\Delta y} = \lambda (h_0 h_{i,J}^{n+1} - h_0), \tag{23}$$

$$\frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta x L} h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} \theta_{1,j}^{n+\frac{1}{2}} - \frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta x L} h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} \theta_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} = -\theta_0 \theta_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} + \theta_0, \tag{24}$$

$$\frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta x L} h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} \theta_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} - \frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta x L} h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} \theta_{I-1,j}^{n+\frac{1}{2}} = \theta_0 \theta_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} - \theta_0, \tag{25}$$

$$\frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta y L} h_{i,0}^{n+1} \theta_{i,1}^{n+1} - \frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta y L} h_{i,0}^{n+1} \theta_{i,0}^{n+1} = -\theta_0 c_{i,0}^{n+1} + \theta_0, \tag{26}$$

$$\frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta y L} h_{i,J}^{n+1} \theta_{i,J}^{n+1} - \frac{\mu \theta_0 h_0}{\Delta y L} h_{i,J}^{n+1} \theta_{i,J-1}^{n+1} = \theta_0 \theta_{i,J}^{n+1} - \theta_0. \tag{27}$$

Если на слое $n+\frac{1}{2}$ считать $i=0$, то уравнение (18) преобразуется в уравнение (29). В результате упрощения уравнения (20) получим уравнение

$$h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} = [\frac{\tilde{h}_{1,j}}{\tilde{h}_{0,j}} + \frac{\Delta x L \lambda}{k_0 k_{1,j} \tilde{h}_{0,j}}] h_{1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \frac{\tilde{h}_{0,j}}{2} - \frac{\tilde{h}_{1,j}^2}{2\tilde{h}_{0,j}} - \frac{\Delta x L \lambda}{k_0 k_{1,j} \tilde{h}_{0,j}}; \tag{28}$$

$$h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} = \alpha_{1,j} h_{1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \beta_{1,j}. \tag{29}$$

Сравнивая (28) с (29), находим $\alpha_{1,j}$ и $\beta_{1,j}$:

$$\alpha_{1,j}=\frac{\tilde{h}_{1,j}}{\tilde{h}_{0,j}}+\frac{\Delta xL\lambda}{k_0k_{1,j}\tilde{h}_{0,j}},\ \beta_{1,j}=\frac{\tilde{h}_{0,j}}{2}-\frac{\tilde{h}_{1,j}^2}{2\tilde{h}_{0,j}}-\frac{\Delta xL\lambda}{k_0k_{1,j}\tilde{h}_{0,j}}.$$

При $i=I-1$ уравнение (18) примет вид (31). В результате упрощения уравнения (21) получим (30):

$$h_{I-1,j}^{n+\frac{1}{2}}=[\frac{\tilde{h}_{I,j}}{\tilde{h}_{I-1,j}}-\frac{\Delta xL\lambda}{k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}}]h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}}+ \\ +\frac{\tilde{h}_{I-1,j}}{2}-\frac{\tilde{h}_{I,j}^2}{2\tilde{h}_{I-1,j}}+\frac{\Delta xL\lambda}{k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}}; \tag{30}$$

$$h_{I-1,j}^{n+\frac{1}{2}}=\alpha_{I,j}h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}}+\beta_{I,j}. \tag{31}$$

Сравнивая (30) с (31), находим $h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}}$:

$$h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}}=\frac{k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}^2}{2(\alpha_{I,j}k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}-k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}\tilde{h}_{I,j}+\Delta xL\lambda)}- \\ -\frac{k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I,j}^2}{2(\alpha_{I,j}k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}-k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}\tilde{h}_{I,j}+\Delta xL\lambda)}+ \\ +\frac{\Delta xL\lambda}{\alpha_{I,j}k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}-k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}\tilde{h}_{I,j}+\Delta xL\lambda}- \\ -\frac{k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}\beta_{I,j}}{\alpha_{I,j}k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}-k_0k_{I,j}\tilde{h}_{I-1,j}\tilde{h}_{I,j}+\Delta xL\lambda}. \tag{32}$$

Применяя вышеуказанный алгоритм, найдём значения

$$\alpha_{1,j}^1,\ \beta_{1,j}^1,\ \bar{\alpha}_{i,1},\ \bar{\beta}_{i,1},\ \tilde{\bar{\alpha}}_{i,1},\ \tilde{\bar{\beta}}_{i,1}\ \text{и}\ \theta_{I,j}^{n+\frac{1}{2}},\ h_{i,J}^{n+1},\ \theta_{i,J}^{n+1}$$

на слоях $n+\frac{1}{2}$ и $n+1$.

$$\alpha^1_{1,j} = \frac{\mu\theta_0 h_0 h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\mu\theta_0 h_0 h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} + \theta_0 \Delta x L}, \quad \beta^1_{1,j} = -\frac{\theta_0 \Delta x L}{\mu\theta_0 h_0 h_{0,j}^{n+\frac{1}{2}} + \theta_0 \Delta x L},$$

$$\theta_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{\Delta x L}{(\alpha^1_{I,j} - 1)\mu h_0 h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} + \Delta x L} - \frac{\beta^1_{I,j}\mu h_0 h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}}}{(\alpha^1_{I,j} - 1)\mu h_0 h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}} + \Delta x L},$$

$$\overline{\alpha}_{i,1} = \frac{\tilde{h}_{i,1}}{\tilde{h}_{i,0}} + \frac{\Delta y L \lambda}{k_0 k_{i,1} \tilde{h}_{i,0}}, \quad \overline{\beta}_{i,1} = \frac{\tilde{h}_{i,0}}{2} - \frac{\tilde{h}_{i,1}^2}{2\tilde{h}_{i,0}} - \frac{\Delta y L \lambda}{k_0 k_{i,1} \tilde{h}_{i,0}},$$

$$\tilde{\overline{\alpha}}_{i,j} = \frac{\mu\theta_0 h_0 h_{i,0}^{n+1}}{\mu\theta_0 h_0 h_{i,0}^{n+1} + \theta_0 \Delta y L}, \quad \tilde{\overline{\beta}}_{i,j} = -\frac{\Delta y L \theta_0}{\mu\theta_0 h_0 h_{i,0}^{n+1} + \theta_0 \Delta y L},$$

$$h_{i,J}^{n+1} = \frac{k_0 k_{i,J}}{2(\overline{\alpha}_{i,J} k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} - k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} \tilde{h}_{i,J} + \Delta y L \lambda)} -$$

$$- \frac{k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J}^2}{2(\overline{\alpha}_{i,J} k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} - k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} \tilde{h}_{i,J} + \Delta y L \lambda)} +$$

$$+ \frac{\Delta y L \lambda}{\overline{\alpha}_{i,J} k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} - k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} \tilde{h}_{i,J} + \Delta y L \lambda} -$$

$$- \frac{\overline{\beta}_{i,J} k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1}}{\overline{\alpha}_{i,J} k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} - k_0 k_{i,J} \tilde{h}_{i,J-1} \tilde{h}_{i,J} + \Delta y L \lambda},$$

$$\theta_{i,J}^{n+1} = \frac{\Delta y L}{(\tilde{\overline{\alpha}}_{i,J} - 1)\mu h_0 h_{i,J}^{n+1} + \Delta y L} - \frac{\tilde{\overline{\beta}}_{i,J}\mu h_0 h_{i,J}^{n+1}}{(\tilde{\overline{\alpha}}_{i,J} - 1)\mu h_0 h_{i,J}^{n+1} + \Delta y L}.$$

Значения последовательности уровня грунтовых вод $h_{I,j}^{n+\frac{1}{2}}$, $h_{i,J}^{n+1}$ и концентрации солей $\theta_{I,j}^{n+\frac{1}{2}}$, $\theta_{i,J}^{n+1}$ определяется методом обратной прогонки.

Сходимость итерационного процесса проверяется с помощью условия:

$$\left|(h_{i,j}^{n})^{(s+1)} - (h_{i,j}^{n})^{s}\right| < \varepsilon.$$

Здесь ε - требуемая точность решения, S - число итерации, при этом начальное итерационное значение выбирается равным решению на предыдущем временном слое.

Выводы

Для исследования процесса изменений концентрации солей и уровня грунтовых вод со временем, разработана математическая модель, описываемая системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями с учетом внешних источников.

Разработан консервативный численный алгоритм для проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ.

Созданный математический аппарат позволяет значительно сократить объем натурных исследований и свести к минимуму дорогие и ресурсоемкие опытные работы.

Список литературы

1. Huang, M. Prediction of Groundwater Level for Sustainable Water Management in an Arid Basin Using Datadriven Models / M. Huang, Y. Tian // Sustainable Energy and Environmental Engineering (SEEE 2015) : Proc. Of Int. Conf. – 2015. – P. 134-137.

2. Bulavatskii, V.M. Mathematical modeling of filtration consolidation with salt transfer in a double-relaxation system / V.M. Bulavatskiy // Cybernetics and Systems Analysis. – 2008. – Vol. 44, Issue. 1. – P. 91-99.

3. Mathematical Modelling of Infiltration Effect on Process of Salts Transfer in Layered Saturated Non-saturated Soils / A. Vlasyuk [et al.] // IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems. – Bucharest (Romania), 2017. – P. 333-338.

4. An Investigation into the Effects of Temperature Gradient on the Soil Water–Salt Transfer with Evaporation / R. Ren [et al.] // Water. – 2017. – Vol. 9, Issue. 7. – Paper No. 456. – https://www.mdpi.com/2073-4441/9/7/456/htm

5. Anderson, E.I. An analytical solution representing groundwater–surface water interaction / E.I. Anderson // Water Resources Research. – 2003. – Vol. 39, Issue 3. – Paper No. 1071. – https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2002WR001536

6. Ravshanov, N. Mathematical modeling of the process of water-soline transport in soils / N. Ravshanov, I.Khurramov, S.M. Aminov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1210. – Paper No. 012118. – https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1210/1/012118/pdf.

7. Равшанов, Н. Численное моделирование процесса влаго и солепереноса в почвогрунтах / Н. Равшанов, Ю.Н. Исламов, И.Д. Хуррамов // Узбекский журнал Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2018. – №3(15). – С. 17-35.

Модель автоматизированной СКУД по шагам человека

Е.А.Чернецова, email: chernetsova@list.ru
А.Д.Шишкин, email: an.dm.shishkin@mail.ru
А.В.Гомера, email: gomeraleksander@mail.ru

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Аннотация. *Разработана компьютерная модель для исследования работы автоматизированной системы контроля удаленного доступа по шагам человека, регистрируемым сейсмоакустическим датчиком*

Ключевые слова: *шаги человека, система контроля удаленного доступа (СКУД), сейсмоакустический датчик*

Введение

Система контроля удаленного доступа (СКУД) – это важная часть системы безопасности, которая создается на базе технических устройств и электронных систем управления, использующих одну общую сеть. Работа системы происходит с помощью специального программного обеспечения. Биометрия в СКУД является одной из самых развивающихся отраслей. Автоматизированная СКУД по шагам человека может найти применение в сферах, в которых по тем или иным причинам установить другую биометрическую систему не представляется возможным или является крайне неудобным. Например, с помощью данной СКУД можно осуществлять контроль доступа в помещение, в которое рабочий персонал входит в специальной форме, перчатках, защитных очках. С помощью данной СКУД также возможно автоматизировать учёт рабочего времени.

1. Теоретический анализ

Динамика стопы — это и производная от движений опорно-двигательной системы (кинематики). Динамика стопы — это взаимодействие сил, действующих на стопу, и тех нагрузок и напряжений, которые возникают при воздействии этих сил. Наиболее типовые движения человека, связанные с нагрузкой стопы,— ходьба.

При ходьбе человек последовательно опирается то на одну, то на другую ногу. Эта нога называется опорной. Контралатеральная (противоположная) нога в этот момент выносится вперед (переносная нога). Период переноса ноги называется фазой переноса. Полный цикл

© Чернецова Е.А., Шишкин А.Д., Гомера А.А., 2020

ходьбы — период двойного шага — слагается для каждой ноги из фазы опоры и фазы переноса конечности.

Реакция опоры — это силы, приложенные к стопе. Вступая в контакт с поверхностью опоры, стопа испытывает давление со стороны опоры, равное и противоположное тому, которое стопа оказывает на опору. Это и есть реакция опоры стопы. Эти силы неравномерно распределяются по контактной поверхности. График вертикальной составляющей опорной реакции при ходьбе в норме имеет вид плавной симметричной двугорбой кривой (рис.1) [1].

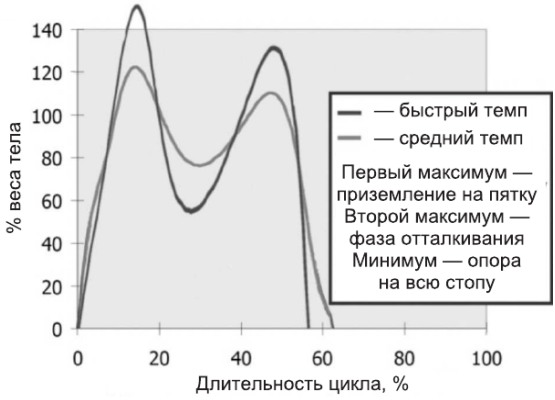


Рис. 1. Вертикальная составляющая вектора реакции опоры на шаг

Программная модель автоматизированной СКУД по шагам человека решает две задачи: обнаружение шагов и идентификация человека, совершившего проход. В соответствии с рис.1 при анализе сигналов, поступающих от сейсмоакустических датчиков, информационным параметром будет являться абсолютное значение огибающей.

При моделировании работы обнаружителя шагов опорный сигнал последовательно сравнивается со всеми сигналами шагов, вычисляется некоторая численная мера похожести (связи) опорного и текущего сигнала шага, и на основе превышения ею порогового значения принимается решение об обнаружении шага.

Применение для определения связи сигналов корреляционного анализа корректно только в том случае, если данные наблюдений однородны и распределены по нормальному закону распределения. Но если определяется связь величин, то необходимо помнить, что

отношение независимых нормально распределенных случайных величин распределено по закону Коши. Проблемой распределения Коши является тот факт, что выборочное среднее не оценивает математическое ожидание. Кроме этого, элементы выборки сильно выбрасываются в хвосты распределений (принимают большие по модулю значения), как и само выборочное среднее [2], что затрудняет применение Байесовского решающего правила [3]. Попытки же найти параметры распределений обычно приводят к тому, что одно и то же эмпирическое распределение может быть описано различными гипотетическими распределениями с тем же или лучшим согласием [4].

Кроме этого, частный коэффициент корреляции является мерой линейной связи между факторами. Последнее обстоятельство в случае оценки парных связей привело к тому, что в практику статистических исследований было эвристически введено большое количество мер зависимости, позволяющих учитывать нелинейный характер стохастической зависимости между случайными величинами [5].

В работе [6] было установлено, что информационные характеристики взаимосвязи для произвольных случайных величин из абсолютно непрерывных распределений обладают необходимой полнотой свойств для выявления как линейных, так и нелинейных зависимостей и их анализа, поэтому они были выбраны для расчета связи опорного и текущего сигнала шага.

Для определения численного значения меры связи опорного и текущего сигнала шага могу быть применены следующие информационные меры связности:

Критерий информативности для расстояния Кульбака- Лейблера:

$$\rho_1\ \left(x, y\ \right) = \int \log \frac{w\left(x, y\ \right)}{w(x)w(y)}\, w\left(x, y\ \right)\mu(dxdy), \qquad (1)$$

где $w(x, y)$ - совместная ПРВ случайных временных рядов x и y

$w(x)$, $w(y)$ - одномерные (независимые) ПРВ двух случайных временных рядов x и y

$\mu(dxdy)$ - доминирующая мера

который есть ни что иное, как количество информации по Шеннону в параметре y о сообщении x [7]. При применении в формуле (1) логарифма по основанию 2 полученные численные значения меры Кульбака достаточно легко интерпретировать: при полном совпадении временных рядов x и y мера Кульбака равна 2 бита (поскольку это соответствует разрешению информационной неопределенности по двум

случайным величинам. Если мера Кульбака больше 1 бит, то это значит, что величины x и y связаны между собой.

Критерий информативности для расстояния χ^2:

$$\rho_2(x,y) = \int \frac{(w(x,y_i) - w(x)w(y))^2}{w(x,y)} \mu(dxdy \tag{2}$$

Критерий информативности для расстояния Хеллингера:

$$\rho_3(x,y) = \int \left(\sqrt{w(x,y)} - \sqrt{w(x)w(y)}\right)^2 \mu(dxdy \tag{3}$$

Критерий информативности для квадрата расстояния между плотностями вероятности:

$$\rho_4(x,y) = \int (w(x,y) - w(x)w(y))^2 \mu(dxdy) \tag{3}$$

Расстояние Кульбака-Лейблера играет особую роль в теории информации и находит естественное применение в байесовской теории. Однако ни расстояние Кульбака–Лейблера, ни расстояние хи-квадрат не являются симметричными, а также не могут быть определены для всех точек параметрического множества в случае, когда носитель плотности зависит от параметра. Расстояние Хеллингера можно использовать для определения близости между мерами из одного семейства, индексированного различными параметрами. Это расстояние не зависит от выбора доминирующей меры и определено для всех точек параметрического множества [8].

Расстояние Кульбака–Лейблера широко применяется для сравнения распределений, однако считается непригодным для использования в статистических целях из-за того, что не имеет предельного распределения. В работе [9] однако, было показано, что распределение расстояния Кульбака–Лейблера в пределе ограничено сверху хи-квадратом. Это дает, пусть и ограниченную, возможность использования расстояния Кульбака–Лейблера между распределениями в качестве статистики для проверки гипотезы о принадлежности двух выборок одному распределению и позволяет говорить о статистической значимости расстояния Кульбака–Лейблера.

2. Описание программной модели и результаты тестирования

Для исследования работы обнаружителя шагов автоматизированной СКУД была создана компьютерная модель в пакете прикладных программ Matlab [10]. После вычисления абсолютного значения нормированной огибающей сигнала прохода человека производится просмотр записи блоками по n отсчетов, где

переменная n является настраиваемым параметром и характеризует темп ходьбы. Если разность между каждым (i+n) отсчетом вектора нормированной огибающей и i -тым отсчетом больше k, то принимается решение, что этот отрезок огибающей сигнала принадлежит шагу. Параметр k также индивидуален для каждого человека. После выделения из сигнала прохода огибающих, характеризующих шаги, необходимо промаркировать временные отсчеты начала шага для синхронизации опорного сигнала шага с тестовым. После того, как все временные отсчеты, характеризующие начала шагов, определены, происходит вычисление численного значения меры связности между опорным и тестовым сигналом, и определение принадлежности тестовой огибающей к шагу. В базе данных исследования хранятся более 50 записей сигналов проходов различных людей, причем как здоровых, так и имеющих заболевания опорно-двигательного аппарата (ОДА). Это дало возможность протестировать модель, и большой вероятностью определять наличие шагов человека в записях сигналов, полученных от сейсмоакустических датчиков.

На рис.2-5 представлены результаты тестирования модели автоматизированной СКУД для обнаружения шагов человека.

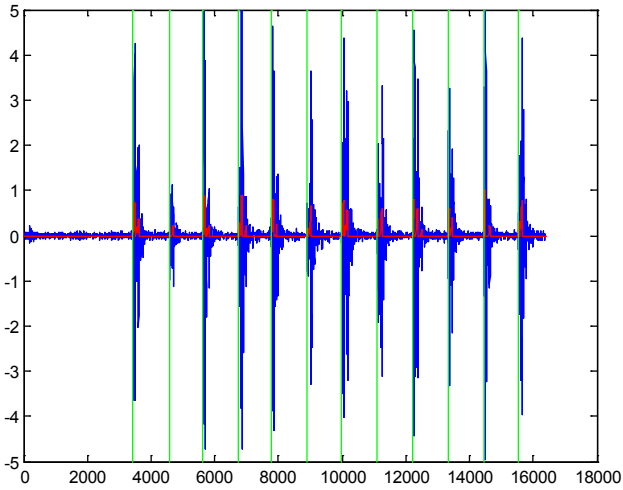


Рис. 2. Сигналы записи шагов (синий цвет), огибающие шагов (красный цвет), маркеры начала шага (зеленый цвет)

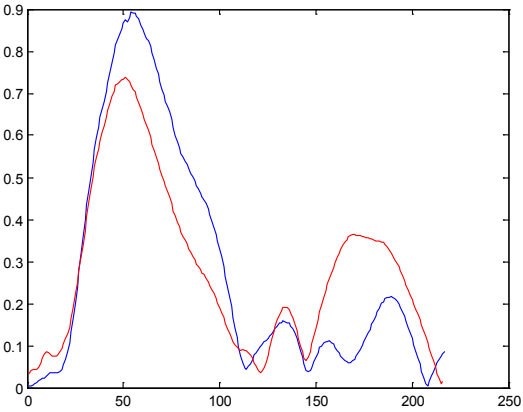


Рис. 3. Наложение огибающей опорного сигнала шага (красный цвет) на тестовую огибающую (синий цвет) одного и того же человека

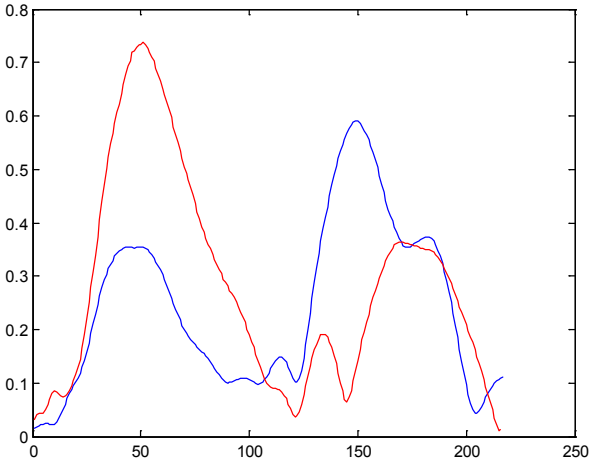


Рис. 4. Наложение огибающей опорного сигнала шага (красный цвет) на тестовую огибающую (синий цвет) одного и того же человека

Заключение

Результаты, полученные в ходе разработки и тестирования программной модели автоматизированной СКУД, работающей с сигналами шагов человека, полученных от сейсмоакустических датчиков, позволяют сделать следующие выводы:

Сейсмоакустические датчики могут быть использованы для работы автоматизированной СКУД по шагам человека, при этом стоимость такой СКУД будет невысокой по сравнению с другими тимпами СКУД.

Автоматизированная СКУД, работающая с сигналами, полученными от шагов человека, может с высокой вероятностью обнаруживать шаги человека, то есть контролировать доступ в помещения.

Результаты сравнения тестовых и опорной огибающих, принадлежащих сигналам от шага одного и того человека показывают, что для идентификации человека метод сравнения огибающих не подходит. Возможно, в качестве параметров сигнала шага, идентифицирующих человека, совершившего проход, могут быть выбраны следующие: временное расстояние между началом шага и первым максимумом, временное расстояние между началом шага и минимумом, временное расстояние между минимумом и вторым максимумом, временное расстояние между минимумом и окончанием шага. Компьютерную модель для идентификации человека по сигналам шагов предполагается создать в ходе продолжения работы.

Список литературы

1. Буркин А. Н. Особенности кинематики и динамики стопы, требующие учета при разработке методов и средств оценки свойств обувных подошвенных материалов при изгибе / А. Н. Буркин, А. В. Попов // Научные труды Белорусского государственного экономического университета : юбилейный сборник. Вып. 6 / М-во образования Респ. Беларусь, Белорусский гос. экон. ун-т ; [редкол.: В.Н. Шимов (пред.) и др.]. - Минск : БГЭУ, 2013. - С. 42-47

2. Галкин В.М., Ерофеева Л.Н., Лещева С.В. Оценки параметра распределения Коши. // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 2014. № 2(104). С. 314-319

3. Pisarenko V., Rodkin M. Heavy-Tailed Distributions in Disaster Analysis// Mathematical geosciences. 2011.No 43(4). Pp.501-502

4. Валитова Л.А. Связь процесса генерирования данных и результирующего распределения социально-экономического показателя. М.:МГУ, 2016. 224 с.

5. Симахин В.А. Условные меры зависимости //Вестник ТюмГУ. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика.. 2011. № 7. С.119-122

6. Моисеев С.Н. Характеристики взаимосвязи случайных величин из распределений с тяжелыми хвостами// Автометрия.2001.№5. с.95-102

7. Теребиж В.Ю. Восстановление изображений при минимальной априорной информации// Успехи физических наук. 1995.Том 165. № 2. С.143-176

8. Шемякин А.Е. Новый подход к построению объективных априорных распределений: информация Хеллингера// Прикладная эконометрика.2012.№4(28).С.124-137

9. Мотренко А.П., Стрижов В.В. Построение агрегированных прогнозов объемов железнодорожных грузоперевозок с использованием расстояния Кульбака-Лейблера // Информатика и ее применения. 2014.№8(2). С. 86-97

10. Документация Matlab на русском языке [Электронный ресурс] / Сообщество exponenta. – Режим доступа: https://docs.exponenta.ru/matlab/index.html

11.

Determining Acceptable Values for Control Parameters in the Hollow Full-Sphere Problem

E.V. Semka, e-mail: semka_elya@mail.ru
O.S. Lemina, A.A. Verlin, D.I. Solomatin

Voronezh State University

Аннотация. *For the model of a compressible ideal elastic-plastic body, the problem of a hollow full-sphere experiencing external and internal pressures is considered. The influence of the third invariant on the plasticity curve branch in the circumferential and meridional stress plane is shown by the example of the modified plasticity condition by J. Betten. The external control parameters values are determined when a plastic zone is formed in the full-sphere, as well as when the full-sphere goes to the limit state.*

Ключевые слова: *Full plasticity condition, compressible ideal elastic-plastic body, plasticity condition, limit state, plastic deformation normal law.*

Introduction

The problem of determining the acceptable values of external parameters for solving specific problems in the framework of selected mathematical models of complex continual systems is currently not fully investigated.

The theoretical study of a subjects behavior allows you to predict its behavior using the selected mathematical model. That is, the model behavior is studied. When a subject is a complex continual system, its state is determined by the state of each of its elements (points). The change in the subjects state is caused by a change in the value of external parameters that characterize external influences on the subject. Therefore, external parameters can be called the subject state control parameters. Depending on the problem statement, the desired subject state parameters may be dependent. Dependencies between the desired state parameters – state equations, are an integral part of the selected mathematical model. For each specific subject, the state equations include certain constants (modules), so the desired parameters depend on the value of these modules. The subjects external parameters and modules are the source data for building an algorithm for the specific problem solving and determining the subjects (models) required state parameters. Complex continual systems are characterized by changes in the system elements behavior model depending

© Semka E.V., Lemina O.S., Verlin A.A., Solomatin D.I. 2020

on the value of external parameters and modules. The transition from one behavior model to another is determined by the fulfillment of certain limit conditions formulated in terms of the required state parameters. Limit conditions must satisfy the principle of objectivity, that is, they must be invariant variables. The objectivity requirement is met if the limit conditions are expressed in terms of the required state parameters invariants. Since the required state parameters are functions of external parameters and modules, the representation of limit conditions in the form of functions of external parameters and modules allows you to set the task of determining the external state parameters acceptable values for which you need to use a particular mathematical model for determining the required state parameters. It should also be noted that different mathematical models of the subjects behavior may include different required state parameters.

For the full-sphere problem under consideration, the external parameters are the geometric parameters and the external influence parameters. In paper [3], Professor M.A. Artemov introduced the model control parameters term, which is equivalent to the source data term in computer science. The control parameters include external parameters and material constants that are determined when setting a problem and selecting a mathematical model.

The papers scientific novelty consists in the construction of an algorithm for determining the acceptable boundaries of external control parameters when the full-sphere enters the limit state for the modified plasticity condition by J. Betten.

1. Problem statement

We consider the problem of a spherical shell (a hollow full-sphere) that experiences polar symmetric external influences: pressure p_b on external wall $\rho = b$ and pressure p_a on inner wall $\rho = a$. It is assumed that the full-sphere exhibits elastic and plastic properties. It is necessary to determine the limits of acceptable values for parameters p_a, p_b, when a plastic zone is formed in the full-sphere, as well as for the full-sphere limit state.

2. General relations

In spherical coordinate system ρ, θ, φ the tensor component matrices of stresses and total strains will have the form

$$(\boldsymbol{\sigma}) = \begin{pmatrix} \sigma_\rho & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_\theta & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_\varphi \end{pmatrix}, \quad (\boldsymbol{\varepsilon}) = \begin{pmatrix} \varepsilon_\rho & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_\theta & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_\varphi \end{pmatrix}. \tag{1}$$

In this case, the diagonal tensor components of stresses and strains will be invariant variables. Due to the specified symmetry of external influences, equality $\sigma_\theta = \sigma_\varphi$ will be satisfied. Therefore, the tensor will have two independent invariants.

These second-valency tensors can be represented as the sum of the isotropic tensor and the deviator. For stress tensor

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{1}{3} tr\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{E} + \mathbf{s} \tag{2}$$

where $\mathbf{E}$ – is the unit second-valency tensor. When constructing limit conditions, you can choose different invariants, such as linear invariant $I_1 = tr\boldsymbol{\sigma} = \sigma_\rho + 2\sigma_\theta$, quadratic invariant $I_2 = tr\mathbf{s}^2 = \frac{2}{3}(\sigma_\rho - \sigma_\theta)^2$ and the cubic invariant of stress deviator $I_3 = tr\mathbf{s}^3 = \frac{2}{9}(\sigma_\rho - \sigma_\theta)^3$. As an example, consider a modification of the Bettens condition [1] formula (3).

$$f(\sigma_\rho, \sigma_\theta) = \frac{\varsigma(\sigma_\rho^w + 2\sigma_\theta^w)^{\frac{1}{w}} + \eta((|\sigma_\rho - \sigma_\theta|^3 + \alpha(\sigma_\rho - \sigma_\theta)^3)^{\frac{1}{3}}}{k(\eta(1+\alpha)^{1/3} + \varsigma)} = 1 \tag{3}$$

Fig.1 shows in plane $\sigma_\rho, \sigma_\theta$ the limit curves defined by formula (3), when $\varsigma = 1, w = 2, \eta = \sqrt{6}, \ k = 1$.

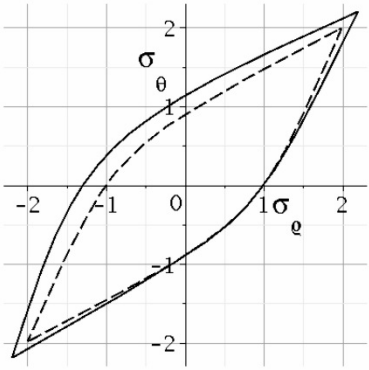


Fig. 1. The limit curves. Full line graph $\alpha = 0.5$, dotted graph $\alpha = 0$.

It is assumed that when state $\sigma_\rho, \sigma_\theta$ parameter values determine a point within the limit curve, the defining equations that link stresses and strains have the form

$$E\varepsilon_\theta = \sigma_\theta - \nu(\sigma_\rho + 2\sigma_\theta), \quad E\varepsilon_\rho = \sigma_\rho - 2\nu\sigma_\theta, \tag{4}$$

Modules E and ν are called the Youngs modulus and the Poissons ratio, respectively. In formula (4), strains $\varepsilon_\theta, \varepsilon_\rho$ are reversible.

If state $\sigma_\rho, \sigma_\theta$ parameters define points on the limit curve, then an additive representation of the total strains through reversible and irreversible strains is assumed

$$\varepsilon_\theta = \varepsilon_\theta^e + \varepsilon_\theta^p, \quad \varepsilon_\rho = \varepsilon_\rho^e + \varepsilon_\rho^p \tag{5}$$

The total strains are determined by moving through formulas

$$\varepsilon_\theta = \frac{u}{\rho}, \quad \varepsilon_\rho = \frac{du}{d\rho} \tag{6}$$

The total strains are bound by the strain compatibility condition

$$\rho\frac{d\varepsilon_\theta}{d\rho} + \varepsilon_\theta - \varepsilon_\rho = 0 \tag{7}$$

The excesses irreversible strains are bound to stresses by normal law

$$\frac{d\varepsilon_\theta^p}{\partial f / \partial\sigma_\theta} = \frac{d\varepsilon_\rho^p}{\partial f / \partial\sigma_\rho} \tag{8}$$

The limit condition dependence on the linear and cubic invariants of the stress tensor can also be taken into account by considering piecewise linear function of the general form

$$\begin{cases} f_i = \max\limits_{i=1\div n} \{\alpha_i\sigma_\theta + \beta_i\sigma_\rho + \gamma_i\sigma_\varphi - k\} = 0, \\ \sigma_\theta = \sigma_\varphi,. \end{cases} \tag{9}$$

Function (9) will not depend on the first invariant of the stress tensor if coefficients $\alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 0$.

When you select function (9), ratios (8) are integrated and take the form

$$\frac{\varepsilon_\theta^p}{\alpha_i} = \frac{\varepsilon_\rho^p}{\beta_i} = \frac{\varepsilon_\varphi^p}{\gamma_i} \tag{10}$$

which are also the normal law ratios of plastic strain [3].

Ratios (8) when selecting non-linear functions (3) in the general case to non-integrable ratios [2]. Therefore, in the future, instead of (8) to obtain the defining equations, we will use normal law of plastic strain

$$\frac{\varepsilon_\theta^p}{\partial f / \partial \sigma_\theta} = \frac{\varepsilon_\rho^p}{\partial f / \partial \sigma_\rho} \tag{11}$$

3. Full-sphere elastic state

We will record all the following ratios in dimensionless form. Full-sphere external radius b . is selected as the length scale. All values having the dimension of stresses are assigned to the limit of plasticity for uniaxial extension k . In the field of elastic state, the elastic strains are total.

From a system of equations that includes equilibrium equation

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + 2(\sigma_\rho - \sigma_\theta) = 0, \tag{12}$$

ratios (4), (7), excluding $\sigma_\theta, \varepsilon_\theta, \varepsilon_\rho$ we get the equation for stress tensor radial component

$$\frac{d}{d\rho}(3\sigma_\rho + r\frac{d}{dr}\sigma_\rho) = 0 \tag{13}$$

The solution of equation (13) has form [2]

$$\sigma_\rho = A + \frac{B}{\rho^3}, \quad \sigma_\theta = A - \frac{B}{2\rho^3} \tag{14}$$

Values A, B are determined from boundary conditions $\sigma_\rho|_{\rho=a} = -p_a$, $\sigma_\rho|_{\rho=b} = -p_b$, so that

$$\begin{aligned} \sigma_\rho &= \frac{a^3 p_a - b^3 p_b}{b^3 - a^3} + \frac{a^3 b^3 (p_b - p_a)}{(b^3 - a^3)\rho^3}, \\ \sigma_\theta &= \frac{a^3 p_a - b^3 p_b}{b^3 - a^3} + \frac{a^3 b^3 (p_a - p_a)}{2(b^3 - a^3)\rho^3}. \end{aligned} \tag{15}$$

Fig. 2 shows area of acceptable control parameters p_a, p_b , for which the full-sphere is in an elastic state in the space of external influences. The curve defines parameter p_a, p_b , values for which the full-sphere inner boundary goes to the limit state. The limit state is determined by formula (3).

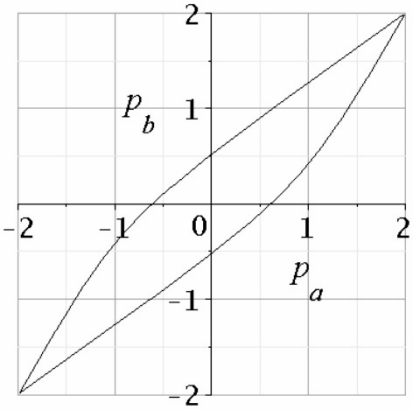


Fig. 2. The curve defines the dependence between parameters p_a, p_b, when boundary $\rho = a$ goes to the limit state for

$$\varsigma = 1,\ w = 2,\ \eta = \sqrt{6},\ \ k = 1,\ \alpha = 0\ ,\ \ a = 0.5\ ,\ \ b = 1$$

4. Full-sphere limit state

Consider the case when the entire full-sphere is in the limit state, that is, condition (3) is met at all points of the full-sphere. For condition (3 the stress determination problem is statically definable. Since the limit function is nonlinear with respect to the stress tensor components, we will use the procedure described in [3]. Lets differentiate condition (3) by radial coordinate

$$\frac{df(\sigma_\rho,\sigma_\theta)}{d\rho} = \frac{\partial f(\sigma_\rho,\sigma_\theta)}{\partial\sigma_\rho}\frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \frac{\partial f(\sigma_\rho,\sigma_\theta)}{\partial\sigma_\theta}\frac{d\sigma_\theta}{d\rho} = 0 \qquad (16)$$

From (16), given (12), we find that

$$\frac{d\sigma_\theta}{d\rho} = 2\frac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{\rho}\frac{\partial f(\sigma_\rho,\sigma_\theta)/\partial\sigma_\rho}{\partial f(\sigma_\rho,\sigma_\theta)/\partial\sigma_\theta} \qquad (17)$$

Given that there is radial component $\rho = a$ on boundary $\sigma_\rho = -p_a$, we find from equation (3) value $\sigma_\theta\,|_{\rho=a}$. If we know the value of the radial and circumferential components of the stress tensor at boundary $\rho = a$, we have an initial problem to determine $\sigma_\rho(\rho)$, $\sigma_\theta(\rho)$ from the system (12) and

(17). Solving this problem for different values of external parameters p_a, p_b, we find all pairs of acceptable values of these parameters for which the full-sphere will be in the limit state.

Fig.3 shows the curves that reflect the dependence of parameters p_a, p_b, for different full-sphere states. For parameter p_a, p_b, values that define the points of the area between the full line graph and the dotted graph, disk $a \le \rho \le c$ internal part is in the limit state, and disk $c \le \rho \le b$ external part is in the elastic state. Boundary between these areas $\rho = c$ is determined, for example, from the condition of stress continuity at boundary $\rho = c$.

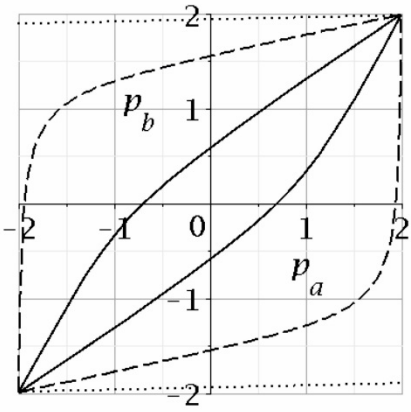


Fig. 3. $\varsigma = 1, w = 2, \eta = \sqrt{6}, \ k = 1, \alpha = 0, \ a = 0.5, \ b = 1$. The dotted graph is the full-sphere state. Full line graph is the limit state of boundary $\rho = a$.

Conclusions

The proposed algorithm for determining the acceptable values of external parameters that characterize external influences on a hollow full-sphere will also be valid for other similar problems. The procedure for determining the stress state in the full-sphere plastic area is valid for any limit condition that depends on the stress tensor invariants. The image of limit lines in the space of external influences allows you to determine simply the external parameters values that cause the specific state of each full-sphere point.

References

1. Betten, J. Über die Konvexität von Fließkörpern isotroper und anisotroper Stoffe / J. Betten // Acta Mech. – 1979. – Vol. 32. – P. 233–247.
2. Kachanov, L. M. Fundamentals of the Theory of Plasticity / L. M. Kachanov, MIR Publishers, Moscow, 1974. – 482 p.
3. Aleksandrova, N. N. On stress/strain state in a rotating disk / N. N. Aleksandrova, M. A. Artemov, E. S. Baranovskii, A. I. Shashkin // AMCSM_2018 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series – 2019. – Vol. 1203. – Article ID 012001 URL: doi.org/10.1088/1742-6596/1203/1/012001

Оценка влияния параметров стохастических потоков событий на вычислительную сложность имитационных моделей

П. Б. Абрамов, email: abpostbox58@mail.ru [1]
А. В. Вербицкий, email: verbyzky@mail.ru [1]
А.А. Казьменко[1]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина (г.Воронеж)

Аннотация. *В статье рассмотрены методологические аспекты имитационного моделирования динамики сложных систем с дискретными состояниями и непрерывным временем. Приведены соотношения для расчета количества реализаций имитационной модели на основе неравенства Чебышева. Предложены уточненные выражения для подсчета числа реализаций, определяющего завершение моделирования с требуемыми точностью и достоверностью. Приведены результаты эксперимента на фрагменте имитационной модели, подтверждающие тезис о существенном росте вычислительной сложности имитационных моделей при возрастании различий параметров стохастических потоков событий, определяющих динамику модели. Показаны возможные пути снижения вычислительных затрат на основе декомпозиции процесса моделирования с последующим переходом от моделей общего вида к марковским моделям с пересчетом параметров потоков событий.*

Ключевые слова: *динамика сложных систем, дискретные состояния, непрерывное время, имитационные модели, количество реализаций, параметры потоков событий, вычислительная сложность.*

1. Введение

Исследованию динамики сложных систем на основе моделей с дискретными состояниями и непрерывным временем посвящено большое количество классических и современных трудов. Областью применения подобных моделей могут быть такие направления, как анализ процессов технической эксплуатации систем, анализ конфликтных взаимодействий, теория массового обслуживания, процессы гибели и размножения в различных прикладных областях, оценка динамики некоторых групп в социологических исследованиях и многие другие.

© Абрамов П. Б., Вербицкий А. В., Казьменко А. А., 2020

Предметом обсуждения в данной статье является модель общего вида динамики некоторой сложной системы с дискретными состояниями и непрерывным временем [1], граф которой приведен на рис.1. Вершины графа отвечают возможным состояниям системы. В то время как система пребывает в том или ином состоянии, формируются предпосылки для ее последующего перехода в направлении одной из дуг графа, исходящих из рассматриваемого состояния. В модели предполагается, что в направлении каждой дуги на систему воздействует стохастический поток событий, причем первое же событие потока переводит систему в новое состояние.

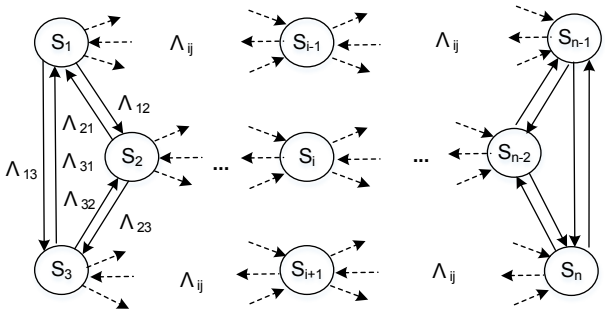


Рис. 1. Граф обобщенной модели динамики системы.

Функции распределения вероятностей $F_{ij}(t)$ для временных интервалов в потоках предполагаются известными [2],. Моменты распределений $F_{ij}(t)$:

$$m_{ij} = \int_0^\infty t\, dF_{ij}(t); \qquad D_{ij} = \sigma_{ij}{}^2 = \int_0^\infty \left(t - m_{ij}(t)\right)^2 dF_{ij}(t). \qquad (1)$$

Интенсивность рекуррентного потока

$$\Lambda_{ij} = 1 / m_{ij}. \qquad (2)$$

Если функция распределения вероятностей подчиняется экспоненциальному закону

$$F_{ij}(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \qquad (3)$$

то поток событий является простейшим (пуассоновским), для которого:

$$\sigma_{ij} = m_{ij}; \qquad D_{ij} = m_{ij}{}^2; \qquad \Lambda_{ij} = \lambda_{ij} = 1/m_{ij} \ . \tag{4}$$

Основной задачей моделирования является определение значений вероятностей P_i возможных состояний системы. В настоящее время практически единственным и общепринятым методом анализа таких моделей является имитационное моделирование.

2. Достоверность, точность и количество реализаций модели

Достоверность моделирования, точность и количество реализаций имитационной модели связаны соотношениями, опирающимися на неравенство Чебышева:

$$P\left(\left|t_{cp} - M\left|t\right|\right| \geq \varepsilon\right) \leq \frac{\sigma_t^{\frac{2}{\alpha}}}{\varepsilon^2}, \qquad \sigma_{t_{cp}}{}^2 = \frac{\sigma_t{}^2}{N}, \tag{5}$$

где t_{cp} – выборочное среднее моделируемого параметра;

$M|t|$ - математическое ожидание модуля параметра;

ε – точность оценивания параметра;

σ_t - среднеквадратическое отклонение параметра;

α - достоверность полученной оценки.

Тогда требуемое количество реализаций модели:

$$N_{реализ} \geq \frac{\sigma_t{}^2}{\varepsilon^2} \cdot \frac{1}{(1-\alpha)}. \tag{6}$$

Полагая $\varepsilon \approx 0{,}01\sigma_t$, а достоверность результатов на уровне $\alpha = 0{,}99$, получим:

$$N_{реализ} = 0{,}01^2 \cdot \frac{1}{(1-0{,}99)} = 10^6. \tag{7}$$

Необходимо отдельно остановиться на самом понятии реализации. Соотношения (5) – (7) получены применительно к оценке параметров отдельно взятой случайной величины методом Монте-Карло. Например, для оценки математического ожидания потребуется сгенерировать $N_{реализ}$ значений путем обращения к датчику случайных чисел.

Вместе с тем, для обсуждаемых моделей с дискретными состояниями и непрерывным временем в подавляющем большинстве случаев возникает некорректное толкование понятия «реализация». Чаще всего реализацией считается последовательность смены состояний системы до возвращения в исходное состояние. Например, в широко известной системе имитационного моделирования GPSS World объем вычислительного эксперимента именно так и задается –

количеством генерируемых транзактов, каждый из которых проходит некоторую случайную траекторию и затем выводится из модели.

Однако, этот подход не обеспечивает достаточное согласно (6) количество переходов по всем без исключения дугам графа состояний и переходов модели. Это приводит к неточным результатам, так как методом Монте-Карло должен быть достоверно смоделирован каждый из стохастических потоков. Следовательно, требуется подсчитывать количество реализаций на всех переходах, а моделирование заканчивать в момент, когда минимальная из этих величин превысит значение, определяемое выражением (6). В то же время в той области модели, где вероятности состояний имеют большие значения, количество реализаций будет существенно превышать необходимый минимум.

Эти аспекты имитационного моделирования [3,4],, как правило, недостаточно учитываются при планировании вычислительного эксперимента.

3. Оценка вычислительной сложности модели с учетом вероятностей состояний и вида стохастических потоков

Рассмотрим количественно-зависимый аспект трудоемкости имитационного моделирования. Граф может варьироваться от полносвязного графа до варианта с единственным исходящим из данного состояния потоком. В среднем из каждого состояния исходит $N_{сост}/2$ потоков событий. Тогда для отдельно взятого состояния:

$$N_{реализ} = \frac{N_{сост}}{2} \cdot 10^6. \qquad (8)$$

Поочередное моделирование всех состояний, при равной их вероятности, потребует

$$N_{реализ} = \frac{N_{сост}^{\ 2}}{2} \cdot 10^6. \qquad (9)$$

Неравномерность по вероятности динамики процесса дополнительно увеличивает количество реализаций. Выражение (9) должно применяться на том подмножестве состояний, где вероятность минимальна. Тогда на других подмножествах состояний будем иметь избыточное количество реализаций.

Полагая $P_{max}=kP_{min}$ и равномерное приращение значений вероятностей на всем множестве состояний модели, получим

$$N_{реализ} = \frac{N_{сост}{}^2}{2} \cdot 10^6 + \frac{N_{сост}{}^2}{2} \cdot 10^6 \cdot \frac{k-1}{2} \cdot \left(N_{сост} - 1\right) = \\ = \frac{N_{сост}{}^3}{4} \cdot 10^6 \left(k - 1 + \frac{3-k}{N_{сост}}\right). \quad (10)$$

В предположении k≈5 и достаточно большого количества состояний модели получаем оценку:

$$N_{реализ} = N_{сост}{}^3 \cdot 10^6. \quad (11)$$

Таким образом, из (19) и (21) следует:

$$N_{реализ\ min} = 5 \cdot 10^5 N_{сост}{}^2; \qquad N_{реализ\ max} = 10^6 N_{сост}{}^3. \quad (12)$$

Расчет каждой случайной величины в реализации осуществляется на основе степенных рядов и относится к параметрически-зависимым по трудоемкости алгоритмам.

В простейшем случае экспоненциально распределенная величина φ генерируется методом обращения функции распределения. Для получения в дальнейшем оценки Ω(n) достаточно положить, что данная реализация требует не менее 10 вычислительных операций.

К трудоемким случаям можно отнести, например, генерацию случайной величины β, подчиненной гамма-распределению $\Gamma(\theta,k)$. Она выполняется следующим образом

$$\beta = \theta \left(\xi - \sum_{i=1}^{[k]} ln\, \gamma_i \right), \quad (13)$$

где $[k]$ – целая часть параметра k ;

ξ – гамма-распределенная случайная величина с нецелочисленным параметром $\{k\}$, $\{k\} = k - [k]$;

θ – параметр гамма-распределения.

Однократный проход данного алгоритма, с учетом выполнения нелинейных операций при помощи степенных рядов, включает в себя до 10^3 простых операций.

С учетом (12)окончательно приходим к следующим оценкам

$$F_a(n) = O\left(10^9 N_{сост}{}^3\right); \qquad F_a(n) = \Omega\left(5 \cdot 10^6 N_{сост}{}^2\right). \quad (14)$$

Следует иметь в виду, что нижняя оценка Ω(n) здесь получена в предположении, что все величины распределены экспоненциально, то есть для марковской модели.

4. Оценка влияния параметров стохастических потоков на вычислительную сложность модели

На объем вычислительного эксперимента существенное влияние оказывают также значения параметров стохастических потоков модели. Например, для марковских моделей, если система пребывает в некотором состоянии, то с большей вероятностью будет выполнен переход в том направлении, где интенсивность потока максимальна. Напротив, некоторые переходы могут чаще всего не реализовываться.

Для оценки этих факторов был рассмотрен простейший фрагмент имитационной модели, граф которой приведен на рис.2.

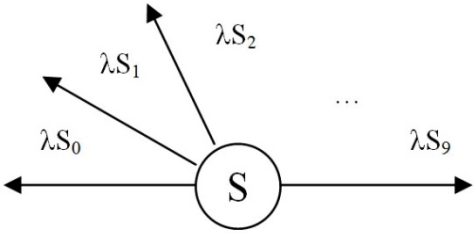


Рис. 2. Граф фрагмента имитационной модели.

Здесь рассмотрено отдельно взятое состояние с исходящими из него потоками событий. Рабочий лист Mathcad с программой модели приведен на рис.3.

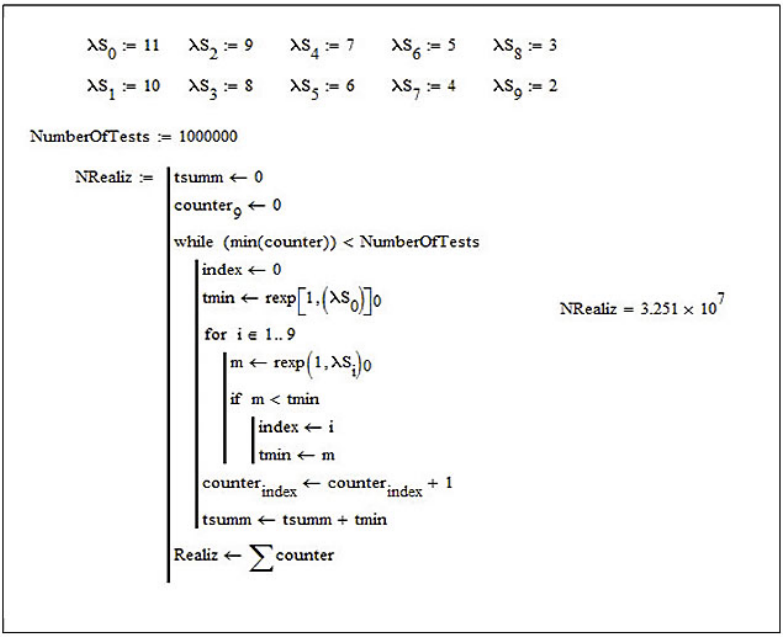


Рис. 3. Рабочий лист Mathcad с программой модели.

За основу взят марковский процесс как один из наиболее простых с точки зрения генерации случайных величин, имеющих экспоненциальное распределение вероятности. Требуемое количество реализаций задано равным 10^6 согласно (7). На каждом шаге генерируется по одному случайному временному интервалу в соответствии с заданными интенсивностями потоков и определяется минимальный из них tmin. Он добавляется к суммарному времени пребывания системы в моделируемом состоянии. Тем самым выполняется имитация нахождения системы в данном состоянии и последующий переход в некотором направлении. Количество реализаций подсчитывается на каждом из переходов путем формирования вектора counter и в целом – суммированием элементов этого вектора.

Эксперимент проводился на современном компьютере с четырехъядерным процессором Intel Core i5 частотой 2,5 Ггц, имеющим 6 Гбайт оперативной памяти, под управлением операционной системы Windows 10.

Первый этап выполнялся при равных интенсивностях потоков $\lambda S_i = 2$. Количество реализаций ожидаемо составило $1{,}004 \cdot 10^7$, так как были смоделированы 10 направлений перехода по 10^6 реализаций. Время моделирования оказалось равным 86 секунд.

Исходные данные и результат второго этапа приведены на рис.3. Минимальная интенсивность потока отличается от максимальной в 5,5 раза, различие равномерно распределено между потоками, с разницей в одну единицу. Расчет занял 6 минут 8 секунд, количество реализаций равно $3{,}251\ 10^7$, то есть увеличилось в 3,25 раза.

И, наконец, значение минимальной интенсивности было изменено на $\lambda S_9 = 0{,}2$. Это вызвало возрастание общего количества реализаций до $3{,}158*10^8$, а времени моделирования – до 1 часа 16 минут.

Таким образом, результаты вычислительного эксперимента свидетельствуют о том, что только за счет различия параметров простейших потоков, исходящих из некоторого состояния, количество реализаций имитационной модели может возрасти на два порядка.

Рассмотренный фрагмент имитационной модели (рис.2) по сути является отдельным состояним полносвязного графа, включающего 10 состояний. Тогда для полной модели, с учетом кратного возрастания оценок, время однократного эксперимента может измеряться сутками.

Возвращаясь к началу эксперимента, вспомним, что он проводился для экспоненциальных распределений вероятностей. Для иных распределений ситуация выглядит еще хуже. Например, для гамма-распределения с целочисленным параметром k (распределение Эрланга) для генерации одной случайной величины требуется суммировать k экспоненциально распределенных величин. Очевидно, что тогда время моделирования на данном переходе графа возрастает в k раз.

Заключение

Оценки, приведенные в статье, позволяют утверждать, что строгий научный подход к вопросам имитационного моделирования приводит к необходимости выделения для экспериментов вычислительных мощностей, относящихся к классу суперкомпьютеров. Оптимизация динамики систем, требующая многократных расчетов на модели, занимает очень длительное время, измеряемое сотнями и тысячами часов, особенно для случаев неэкспоненциального распределения вероятностей в потоках событий модели.

Эти проблемы могут быть успешно преодолены на основе применения математического аппарата марковских моделей немарковских процессов, описанных в [5,6]. В этом методе вероятности стационарного режима успешно рассчитываются путем решения

системы линейных алгебраических уравнений. Тогда рассмотренный в статье фрагмент модели используется для анализа отдельно взятого состояния и расчета параметров простейших потоков, заменяющих рекуррентные потоки с неэкспоненциальными распределениями. Замечательным свойством метода является то, что на данном этапе уже известные простейшие потоки легко объединяются путем суммирования их интенсивностей. Это позволяет уменьшить количество генерируемых величин и снизить количество реализаций, обусловленное различием параметров потоков модели.

Список литературы

1. Вентцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М. : Советское радио, 1977. – 552 с.

2. Тихонов, В. И. Марковские процессы / В. И. Тихонов, М. А. Миронов. – М. : Советское радио, 1977. – 488 с.

3. Vasilyev, S. A. Simulation Of Large-Scale Queueing Systems / S. A. Vasilyev, G. Tsareva. [Электронный ресурс] : European Council for Modeling and Simulation, ECMS 2018 Proceedings. – P. 485-491. – Режим доступа : http://www.scs-europe.net/conf/ecms2018/index.html

4. Sopin, E. Simulation Of The Limited Resources Queuing System For Performance Analysis Of Wireless Networks / E. Sopin, K. Ageev, S. Shorgi [Электронный ресурс] : European Council for Modeling and Simulation, ECMS 2018 Proceedings. – P. 505-510. – Режим доступа : http://www.scs-europe.net/conf/ecms2018/index.html

5. Абрамов, П. Б. Марковские модели стационарного режима немарковских процессов / П. Б. Абрамов, Е. Н. Десятирикова, М. А. Чурсин // Вестник ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии. – 2015. – № 3. – С. 5-10.

6. Абрамов, П. Б. Марковские модели немарковских процессов : Монография / П. Б. Абрамов. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. – 204 с.

Методика прогнозирования интенсивности ливневых осадков

В. В. Андронников[1]
Л. Н. Костылева, email: kostyleva12@yandex.ru[2]

[1]ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
[2]ЦНИИ ВВС (Минобороны России)

Аннотация. *В статье рассматривается возможность применения метода группового учета аргументов для прогнозирования интенсивности ливневых осадков. Даны практические рекомендации по применению разработанного метода в работе метеорологических подразделений.*

Ключевые слова: *прогноз, физические процессы, интенсивность, ливневые осадки.*

Введение

Методика прогнозирования интенсивности ливневых осадков при комплексном применении данных радиолокационного зондирования кучево-дождевых облаков и измерений метеорологических параметров приземного слоя атмосферы может служить основой для решения научных и прикладных задач по метеорологическому обеспечению [1].

Одним из таких методов является метод группового учета аргументов (МГУА), который позволяет не только восстанавливать функциональные связи между предсказателями и предиктантом, но и выбрать единственную модель оптимальной сложности.

1. Результаты исследования

МГУА основан на принципе самоорганизации моделей на ЭВМ. Согласно этому принципу осуществляется целенаправленный отбор постепенно усложняющихся структур математических моделей и их отбор по ряду эвристических внешних критериев, которые проходят через свои минимумы, что дает возможность определить модель оптимальной сложности [1, 2, 3]. В этом методе все вопросы оптимизации решаются при помощи перебора вариантов только на материале заданной обучающей и проверочной выборках.

© Андронников В. В., Костылева Л. Н., 2020

В результате использования алгоритма МГУА для прогнозирования интенсивности ливневых осадков получены линейные модели следующего вида:

$$Y = a_o + \sum_{i=1}^{M} a_i x_i \qquad (1)$$

где Y – прогнозируемая функция (предиктант);

x_i – предикторы;

$a_o, \ldots, a_i$ – коэффициенты прогностического полинома;

$i = 1, 2, 3 \ldots M$, M число исходных предикторов.

Для построения уравнений использованы архивные данные радиолокационного зондирования кучево-дождевых облаков, а так же данные измерений метеорологических величин в приземном слое атмосферы.

Исходя из анализа физических процессов, влияющих на образование и выпадение ливневых осадков, и связи интенсивности ливневых осадков с радиолокационными характеристиками кучево-дождевых облаков, в качестве предикторов для получения прогностических уравнений были определены:

LgZ_1 – логарифм радиолокационной отражаемости на высоте H=1км, мм^6/м;^{3}

LgZ_2 – логарифм радиолокационной отражаемости на высоте нулевой изотермы $H_{T=0}$, мм^6/м^3;

$H_{ВГО}$ – высота верхней границы радиоэха кучево-дождевого облака, км;

$H_{T=0C}$ – высота нулевой изотермы, км;

f – относительная влажность воздуха у поверхности земли, в долях единицы;

T – температура воздуха у поверхности земли, в градусах С^0.

В качестве предиктанта взята интенсивность осадков I в мм/ч, измеренная с помощью плювиографа.

В ходе исследования архивная выборка была разделена на обучающую и контрольную в соответствии с существующими требованиями. По обучающей выборке были получены коэффициенты регрессии, а по контрольной – осуществлена проверка уравнения. Полученное уравнение имеет вид:

$$I = 0{,}66 + 0{,}39LgZ_1 + 0{,}92LgZ_2 + 0{,}24H_{ВГО} + 0{,}31H_{T=0} - 0{,}16f \qquad (2)$$

В качестве критериев оценки эффективности прогностического уравнения в соответствии с требованиями руководящих документов были определены следующие статистические характеристики: средняя

абсолютная ошибка прогноза – δ; средняя относительная ошибка прогноза – ε; средняя арифметическая (систематическая) ошибка прогноза – *a*; среднеквадратическая ошибка прогноза – σ.

Выполнены расчеты определенных выше статистических характеристик прогностического уравнения для всего западного района ЕТР. Данные расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Статистические характеристики успешности общего прогностического уравнения для западного района ЕТР

Район прогноза	**Статистические характеристики**							
	Зависимая выборка				**Независимая выборка**			
	δ, мм/ч	**α, мм/ч**	**ε**	**σ, мм/ч**	**δ, мм/ч**	**α, мм/ч**	**ε**	**σ, мм/ч**
Западный район ЕТР	0.26	0.05	0.30	0.28	0.32	0.06	0.32	0.34

Анализ таблицы 1 показывает, что статистические характеристики успешности прогностических уравнений, полученные на зависимой и независимой выборках, имеют незначительное отличие друг от друга, то есть, сам метод вносит незначительные погрешности в прогноз и составляет 25 %.

Следовательно, причины ошибок прогноза следует искать в правомерности выбора предикторов, входящих в прогностическое уравнение и в погрешностях их измерений.

Анализ влияния ошибок измерения предикторов на успешность прогноза показал, что ошибка прогноза интенсивности осадков от 27 % до 43 % определяется погрешностями измерений радиолокационных параметров облаков в зависимости от удаления метеоцели от МРЛС. Ошибка прогноза интенсивности осадков за счет погрешностей измерения метеорологических параметров определена техническими возможностями измерительных приборов и составляет порядка 30 %.

При оценке влияния типа синоптического процесса на статистические характеристики ошибок прогноза были определены четыре типа основных синоптических ситуаций: холодный фронт, теплый фронт, фронт окклюзии и ситуации без фронтов. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Анализ результатов исследования показывает, что набольшие ошибки прогноза наблюдаются на фронтальных разделах. Справедливость этого утверждения объясняется скачкообразным изменением значений метеорологических элементов на фронтальных поверхностях. Соответственно при других синоптических ситуациях погрешности прогноза несколько меньше.

Таблица 2

Статистические характеристики ошибок прогноза интенсивности ливневых осадков в зависимости от типа синоптического процесса

Район прогноза	**Синоптическая ситуация**	**δ, мм/ч**	**α, мм/ч**	**ε**	**σ, мм/ч**
Западный район ЕТС	Теплый фронт	0.23	0.05	0.23	0.29
	Холодный фронт	0.21	-0.01	0.23	0.25
	Фронт окклюзии	0.35	-0.03	0.38	0.48
	Без фронтов	00.16	-0.02	0.37	0.18

Исследовано влияние синоптических условий на статистические свойства ошибок прогноза, определены некоторые способы учета этого влияния, и даны практические рекомендации по применению разработанного метода прогноза в оперативно-прогностической работе метеорологических подразделений.

Особый интерес представляет распределение ошибок прогноза при прохождении фронтальных разделов. Расчетные данные погрешностей прогноза и графики их распределения показывают, что достаточно большое количество ошибок имеет отрицательный знак, особенно при прохождении теплых и холодных фронтов, т.е. прогностическое значение интенсивности осадков в этих случаях больше истинного. Это связано с тем, что при прохождении фронтальных разделов происходит резкое увеличение влажности (из-за интенсивных осадков), что приводит к увеличению поглощения мощности излучаемых РЛС радиоволн при распространении их к метеоцели и обратно, и как результат – к занижению $LgZ_{изм}$. Следовательно, при прохождении атмосферных фронтов ошибки прогноза наиболее опасны. Все это вызывает необходимость учета типа синоптического процесса в целях

повышения надежности прогноза интенсивности ливневых осадков по разработанному методу.

При оценке влияния синоптического процесса на статистические характеристики ошибок прогноза были взяты определенные выше четыре синоптические ситуации. Анализ выполненных расчетов показывает, что наибольшие значения средней абсолютной ошибки прогноза наблюдается на теплом и холодном фронтах. Это объясняется скачкообразным изменением метеорологических величин на линии фронта, что не всегда удается учесть при прогнозе. И, наоборот, в ситуациях при отсутствии атмосферных фронтов, ошибки прогноза минимальны. Поэтому необходимо учитывать (хотя бы частично) эти ошибки в целях повышения надежности прогноза.

Заключение

Методика прогноза интенсивности ливневых осадков при комплексном применении данных радиолокационного зондирования кучево-дождевых облаков и измерений метеорологических параметров приземного слоя атмосферы может служить основой для решения научных и прикладных задач по метеорологическому обеспечению.

Использование разработанного метода прогноза интенсивности ливневых осадков особенно актуально в районах с ограниченной сетью наблюдательных станций.

Список литературы

1. Воробьев, В. И. Синоптическая метеорология. – Л. : Гидрометеоизд, 1991. – 616 с.

2. Матвеев, Л. Т. Физика атмосферы. – Санкт-Петербург. Гидрометеоиздат, 2000. – 778 с.

3. Орлова, Е. М. Краткосрочный прогноз атмосферных осадков. – Л. : Гидрометеоиздат, 1999. – 168 с.

Вычислительные эксперименты по оптимизации энергопотребления и времени облета маршрута мультироторным летательным аппаратом (МРЛА)

А. А. Арзамасцев, email: arz_sci@mail.ru
Д. В. Слетков, email: sletcov@mail.ru
Я. П. Пронин, email: proninyaroslav@mail.ru

Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина

Аннотация. *Целью работы является исследование среднего значение выгоды, получаемой от оптимизации маршрута при решении задачи минимизации времени и энергопотребления МРЛА.*

Ключевые слова: *мультироторный летательный аппарат, задача маршрутизации, энергопотребление, оптимизация.*

Введение

В настоящее время мультироторные летательные аппараты (МРЛА) используются в различных научно-технических сферах. Оптимизация их энергопотребления и времени облёта маршрута является ключевой процедурой, обеспечивающей необходимые технико-экономические характеристики. Целью работы является исследование среднего значение выгоды, получаемой от оптимизации маршрута при решении задачи минимизации времени и энергопотребления МРЛА. В этом докладе результаты, полученные нами в последнее время на кафедре математического моделирования и информационных технологий и в лаборатории беспилотных робототехнических систем ТГУ им. Г.Р. Державина на основе тестов, проведённых на квадрокоптере DJI Inspire 1. В работах [1-3] были предложены методики для инженерных расчётов мультироторных летательных аппаратов (МРЛА). Там же впервые сформулированы и задачи маршрутизации для них. Указанные задачи решены нами на основе результатов измерения потребляемой МРЛА мощности в различных режимах полёта в работе [2]. При этом использован алгоритм метода ветвей и границ, дополненный программой формирования исходной матрицы данных на основе технических характеристик МРЛА. В работе [4] было доказано, что погрешности измерения потребляемой мощности МРЛА, проведённые по разработанным в работах [1-3] методикам не оказывают существенного влияния на решение задачи поиска оптимального маршрута.

© Арзамасцев А. А, Слетков Д. В., Пронин Я. П., 2020

1. Формулировка проблемы

В работе [2] показано, что в зависимости от кинематической схемы используемого МРЛА, его массы, массы переносимого груза, коэффициента полезного действия выгода по энергопотреблению и времени может достигать 25% и более при облёте заданного маршрута. Очевидно, что этот маршрут был подобран таким образом, что различие высот точек облёта является весьма существенным. Поэтому и полученный эффект от решения задач оптимального поиска маршрута оказывается также весьма существенным. Этот эффект будет существенным образом снижен, если все точки облёта будут иметь равную или близкую высоту.

Отметим, что потребитель, приобретая тот или иной тип МРЛА для решения каких-либо практических задач, хотел бы знать, какая возможная выгода может быть получена в среднем для данного типа аппарата, если использовать оптимизацию его маршрута.

В данной работе предлагается следующая методика оценки выгоды в «среднем»: случайным образом сгенерировать координаты для каждой точки маршрута; для сгенерированных координат точек выбрать внешний контур, и принять его за «интуитивный» облёт маршрута пилотом; решить задачу оптимизации и для оптимального маршрута вычислить значение целевой функции (энергопотребления или времени); значение целевой функции, полученное при оптимальном решении, сравнить с её значением при «интуитивном» облёте на каждой итерации и определить выгоду в данном варианте; продолжить итерации до тех пор, пока число исследуемых вариантов не будет соответствовать представительности среднего расчётного значения выгоды; сделать выводы о значимости средней выгоды от оптимизации маршрутов МРЛА.

2. Полученные результаты

Эксперименты по исследованию потребляемой энергии на висение, горизонтальный полет, подъём и спуск МРЛА проводили на квадрокоптере DJI Inspire 1 в лаборатории беспилотных робототехнических систем (URS) Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина. Все исследования проводили при температуре воздуха 14-20 градусов Цельсия с батареей ёмкостью 5700 *мА/ч*. Средняя скорость ветра во всех опытах составляла около 3 *м/с*. Полная полётная масса аппарата составляла в этих случаях 2,97 и 3,04 *кг* соответственно. После взлёта аппарата при помощи телеметрии программы DJIGO фиксировали процент остаточного заряда батареи в различные моменты времени, вертикальную и горизонтальную скорости полёта, высоту и удалённость аппарата от точки старта, что и служило

основой для последующих расчётов, по методике, предложенной в работе [2]. Полученные исходные результаты приведены в таблице.

Таблица

Потребляемая мощность и средние скорости МРЛА в различных режимах полёта с батареей ёмкостью 5700 мА/ч

Режим полёта	**Скорость, м/с**	**Потребляемая мощность, Вт**
Горизонтальный полёт	12,5	486
Висение	0	546
Подъём	3,1	899
Спуск	3,0	309

Для моделирования использованы данные о потребляемой мощности и средних скоростях МРЛА в различных режимах полёта из таблицы. Координаты шести точек маршрута генерировали случайным образом с использованием равномерного распределения, так что $0 \le x \le 500$ *м*, $0 \le y \le 500$ *м*, $0 \le z \le 500$ *м*. За интуитивный облёт маршрута, который был выбран для сравнения, принимали облёт этих точек по часовой стрелке и по внешнему контуру.

Вычислительный эксперимент осуществляли следующим образом:

1. генерировали шесть троек координат $x_i, y_i, z_i, \quad i = 1,\ldots,6$ для каждой из шести точек маршрута;
2. для сгенерированных координат точек выбирали внешний контур, который принимали за «интуитивный» облёт маршрута пилотом;
3. пользуясь данными таблицы, решали задачу оптимизации методом ветвей и границ и для оптимального маршрута вычисляли значение целевой функции (энергопотребления или времени);
4. значение целевой функции, полученное при оптимальном решении, сравнивали с её значением при «интуитивном» облёте и определяли выгоду в данном варианте
5. если число исследуемых вариантов соответствовало представительности среднего расчётного значения выгоды, то итерации прекращали, в противном случае, переходили к пункту 1.

Аналогично поступали для определения средней выгоды для энергозатрат и времени облёта маршрута

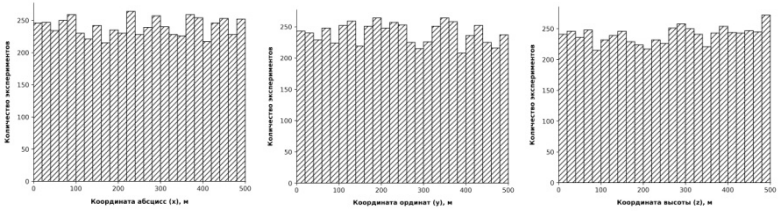
На рис. 1 показано, что используемый генератор случайных чисел позволил получить массивы трёх координат – x, y, и z, хорошо соответствующих равномерному распределению на отрезке [0, 500]. Эти координаты были использованы в вычислительных экспериментах.

На рис. 2-3 представлены результаты решения в среднем задачи минимизации энергопотребления, на рис. 4-5 представлены результаты решения в среднем задачи минимизации времени.

Из рис. 3а видно, что примерно в 20% случаях (испытаниях) оптимальный маршрут совпадает с интуитивным. Без учёта этих совпадений среднее значение выгоды, получаемой от оптимизации маршрута при решении задачи минимизации энергопотребления составляет около 20% (рис. 3б), в то время, как в общем случае такая выгода составляет около 17% (рис. 2). Из этого же рисунка видно, что при малом количестве вычислительных экспериментов наблюдаются значительные колебания средней выгоды от 17 до 23%. При увеличении количества вычислительных экспериментов среднее значение получаемой выгоды сходится к значению 17%. При этом для получения репрезентативного результата можно было бы ограничиться 400-500 экспериментами

При решении в среднем задачи минимизации времени облёта маршрута получены аналогичные результаты. Так, из рис. 5а видно, что примерно в 14% случаях (испытаниях) оптимальный маршрут совпадает с интуитивным. Без учёта этих совпадений среднее значение выгоды, получаемой от оптимизации маршрута при решении задачи минимизации времени составляет около 22% (рис. 5б), в то время, как в общем случае такая выгода составляет около 18% (рис. 4). Из этого же рисунка видно, что при малом количестве вычислительных экспериментов наблюдаются значительные колебания средней выгоды от 20 до 25%. При увеличении количества вычислительных экспериментов среднее значение получаемой выгоды сходится к значению 18%. При этом для получения репрезентативного результата можно было бы ограничиться 350-400 экспериментами

Таким образом, решение задач оптимизации маршрутов МРЛА DJI Inspire 1 в среднем на тестовой площадке шириной 500 метров, длиной 500 метров и полётной высотой 500 метров позволило установить, что получаемая при этом выгода составляет 17-18% в решении задачи минимизации энергопотребления МРЛА и 19-20% в решении задачи минимизации времени облёта МРЛА.



а б в

а – координата абсцисс (x), б – координата ординат (y), в – координата высоты (z)

Рис. 1. Гистограммы распределения координат, сгенерированных для проведения вычислительного эксперимента

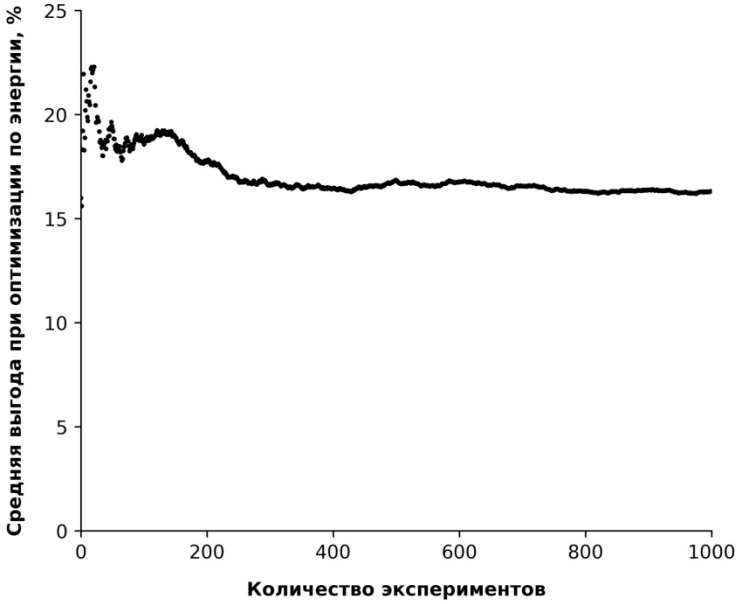
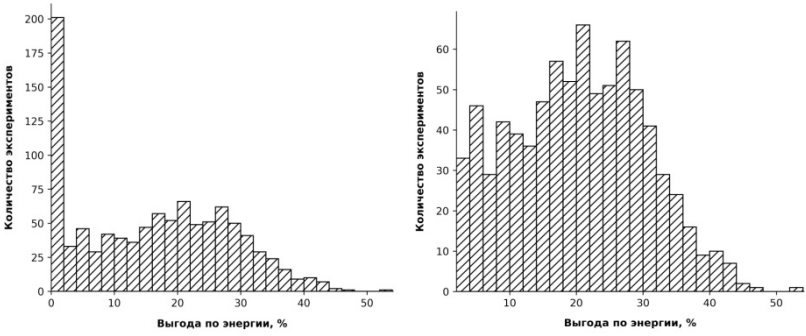


Рис. 2. К определению необходимого числа вычислительных экспериментов и средней выгоды по энергопотреблению МРЛА от оптимизации маршрута



а б

Рис. 3. Гистограммы эмпирического распределения выгоды по энергопотреблению МРЛА, полученной в результате решения задачи оптимизации: а – полная; б – за исключением случаев, когда оптимальный маршрут совпадает с интуитивным

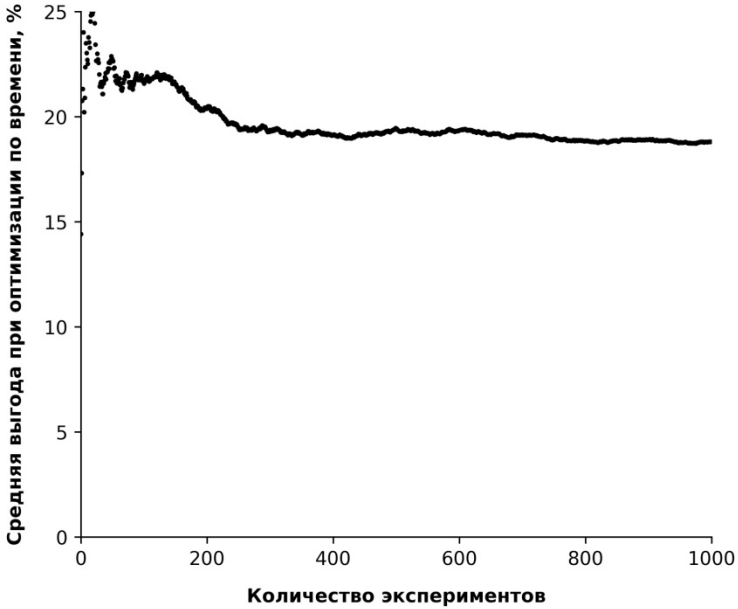
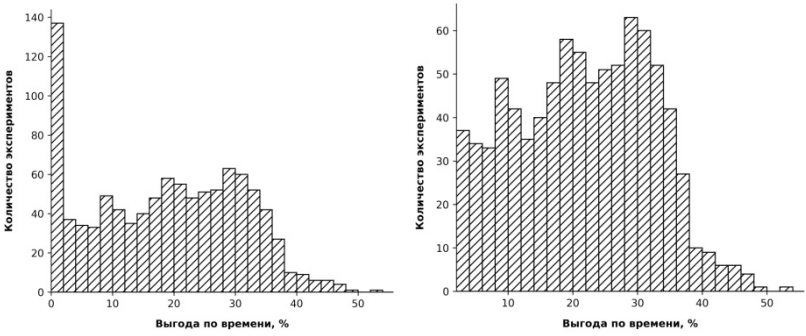


Рис. 4. К определению необходимого числа вычислительных экспериментов и средней выгоды по времени полёта МРЛА от оптимизации маршрута



а б

Рис. 5. Гистограммы эмпирического распределения выгоды по времени полёта МРЛА, полученной в результате решения задачи оптимизации: а – полная; б – за исключением случаев, когда оптимальный маршрут совпадает с интуитивным

Заключение

Полученные результаты и выводы свидетельствуют о том, что средняя выгода от оптимизации маршрутов МРЛА является достаточно значительной, чтобы задуматься об интегрировании информационных систем, предназначенных для решения указанных задач в общую систему управления МРЛА.

Список литературы

1. Арзамасцев, А.А. Математические модели для инженерных расчетов летательных аппаратов мультироторного типа (Часть 1) / А. А. Арзамасцев, А. А. Крючков // Вестник ТГУ, 2014. – Т. 19. – Вып. 6.- С. 1821-1828.

2. Арзамасцев, А.А. Математические модели для инженерных расчетов летательных аппаратов мультироторного типа (Часть 2). Задачи маршрутизации // Вестник ТГУ, 2015. – Т. 20. – Вып. 2. – С. 465-468.

3. Арзамасцев, А.А., Исследование основных характеристик полета гексакоптера / А.А. Арзамасцев, Д.В. Образцов // Вестник ТГУ, 2016. – Т. 21. – Вып. 2. – С. 665-667.

4. Арзамасцев А.А., Пронин Я.П. Вычислительные эксперименты по оценке влияния погрешности измерения потребляемой мощности мультироторного летательного аппарата на оптимальное решение задачи маршрутизации // В кн.: Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий: сб. тр. XII Междунар. конф. ПМТУКТ-2019. – Воронеж: ВГУИТ, 2019. – С. 40-42.

Упругопластический полый шар в условиях теплового и силового воздействий

Э.В.Сёмка, e-mail: semka_elya@mail.ru
Ю.Н. Бабкина, А.А. Верлин, H. Souikat

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Аннотация. *Проведено математическое моделирование состояния полого шара (толстостенной сферической оболочки) при многофакторном внешнем воздействии. На границах полого шара заданы давление и температура. Показано, что при определенной комбинации значений внешних воздействий пластическая зона может зарождаться на границах или между границами полого шара. Для упругого состояния шара определена область допустимых значений параметров внешнего воздействия. Приведены графики напряжений, деформаций и перемещений в шаре.*

Ключевые слова: *полый шар, толстостенная сферическая оболочка, упругопластическая сфера, тепловое воздействие, математическое моделирование состояния полого шара.*

Введение

Задача о шаре является составной частью материала книг по механике твердого деформируемого тела [1-6], а также рассматривалась рядом авторов в разных постановках [7, 8]. Интерес к данной задаче обусловлен широким практическим применением сферических оболочек, а также вопросами, которые возникают в процессе математического моделирования подобного рода объектов и построении алгоритмов и комплексов программ для получения численных результатов. Упругое состояние полого шара, испытывающего внутреннее давление и температурное воздействие, рассмотрено в [1]. В [2] дано решение задачи об идеально упругопластическом шаре. В [3-6] приведено решение упругопластической задачи о полом шаре для разных вариантов теплового воздействия. В работе [7] дано решение задачи о толстостенной сферической оболочки для изотропно упрочняющегося материала. В [8] предложен метод расчета накопленных необратимых деформаций в процессе нестационарного теплового воздействия. В силу незначительного влияние тепловых эффектов, возникающих при нециклическом нагружении, в подавляющем большинстве работ решается несвязная задача [6]. Во

© Сёмка Э.В., Бабкина Ю.Н., Верлин А.А., Souikat H. 2020

всех указанных работах определение напряжений и деформаций в полом шаре проводилось, когда внешнее давление на шар равно нулю. Такое предположение уменьшает число внешних параметров управления моделью [9], что не позволяло рассмотреть все варианты развития пластических областей в шаре. Новизна настоящей работы состоит в том, что учитывается и внешнее и внутреннее давление на полый шар, что приводит к более общей постановке задачи и необходимости построения разных алгоритмов ее решения.

1. Постановка задачи

Выбирается сферическая система координат ρ, θ, φ, начало которой совпадает с центром шара. Рассматривается полярно симметричное внешнее воздействие на полый шар. На внутреннюю границу $\rho = a$ действует давление p_a на внешнюю границу $\rho = b$ давление p_b. Также задана температура T_a внутренней границы и температура T_b внешней границы шара. Необходимо установить границы зарождения пластических зон и найти напряжения и деформации в шаре, находящемся в упругопластическом состоянии. Также необходимо найти соотношения, которым должны удовлетворять внешние параметры, при зарождении пластических зон. Рассматривается несвязная задача.

2. Поле температур

Поле температур в шаре находится из решения краевой задачи [1]

$$\begin{cases} \rho \dfrac{d^2T}{d\rho^2} + 2\dfrac{dT}{d\rho} = 0, \\ T\,|_{\rho=a} = T_a, \;\; T\,|_{\rho=b} = T_b. \end{cases} \tag{1}$$

Решение задачи (1) представим в виде

$$T\,| = T_b + \frac{ab\Delta T}{(b-a)\rho}, \; \Delta T = T_a - T_b. \tag{2}$$

3. Условие пластичности

Если функция пластичности не зависит от первого инварианта тензора напряжений $tr\boldsymbol{\sigma}$ и не учитывается знак третьего инварианта девиатора напряжений $tr\mathbf{s}^3$ $(\mathbf{s} = \boldsymbol{\sigma} - tr\boldsymbol{\sigma}\mathbf{E}/3)$, то в силу равенства окружного и меридионального напряжений $\sigma_\theta = \sigma_\varphi$ все функции пластичности для идеального пластического тела сводятся к разности меридианного и

окружного напряжений. Следовательно, условие пластичности можно представить в виде

$$(\sigma_\theta - \sigma_\rho)^2 = k^2 \tag{3}$$

где k – предел пластичности.

Следует иметь ввиду, что при рассмотрении ассоциированного закона пластического течения левая часть равенства (3) не является пластическим потенциалом.

4. Ассоциированный закон пластического течения

Следствием ассоциированного закона пластического течения в рассматриваемом случае будет условие несжимаемости пластических деформаций

$$\varepsilon_\rho^p + 2\varepsilon_\theta^p = 0 \tag{4}$$

5. Пластическая область

Напряжения в пластической зоне определяются из уравнения равновесия

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + 2(\sigma_\rho - \sigma_\theta) = 0 \tag{5}$$

и условия пластичности (3). Обозначим через p_c давление на упругопластической границе $\rho = c \quad a \le \rho \le b$. Тогда, решая задачу Коши, находим

$$\sigma_\rho = -p_c \pm 2k \ln(\rho / c), \quad \sigma_\theta = \pm k - p_c \pm 2k \ln(\rho / c). \tag{6}$$

Выбор знака в (6) определяется в ходе решения упругопластической задачи и зависит от граничных условий.

Деформации в пластической зоне складываются из упругих и пластических

$$\varepsilon_\rho = \varepsilon_\rho^e + \varepsilon_\rho^p, \ \varepsilon_\theta = \varepsilon_\theta^e + \varepsilon_\theta^p. \tag{7}$$

Упругие деформации определяются их соотношений закона Дюамеля-Неймана

$$E\varepsilon_\rho^e = \sigma_\rho - 2\nu\sigma_\theta + E\alpha T, \ E\varepsilon_\theta^e = \sigma_\theta - \nu(\sigma_\rho + \sigma_\theta) + E\alpha T, \tag{8}$$

где E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона, α – коэффициент теплового расширения.

6. Упругая область

В области упругого состояния диска напряжения определяются по формулам [1, 3]

$$\sigma_\rho = A + \frac{B}{\rho^3} - \frac{\lambda}{\rho}, \quad \sigma_\theta = A - \frac{B}{2\rho^3} - \frac{\lambda}{2\rho}, \quad \lambda = \frac{abE\alpha\Delta T}{(b-a)(1-\nu)}. \tag{9}$$

Если весь шар находится в упругом состоянии, то учитывая граничные условия

$$\sigma_\rho\,|_{\rho=a} = -p_a, \quad \sigma_\rho\,|_{\rho=b} = -p_b \tag{10}$$

находим, что

$$A = \frac{a^3 p_a - b^3 p_b - \lambda(b^2 - a^2)}{b^3 - a^3}, \quad B = \frac{a^3 b^3 (p_b - p_a) - \lambda a^2 b^2 (b-a)}{b^3 - a^3} \tag{11}$$

Если в упругом состоянии находится часть шара, то алгоритм вычисления величин A, B, которые обычно называются константами интегрирования, зависит от того, где расположены упругая и пластическая области. Если упругая зона примыкает к внутренней или внешней границе шара, то A, B можно находить из граничных условий и условий непрерывности напряжений на упругопластической границы. Если упругая зона расположена между пластическими зонами, то A, B будут определяться из условия непрерывности напряжений на упругопластических границах.

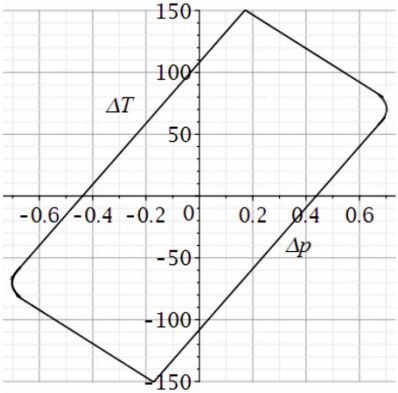
7. Эквивалентное напряжение

При многофакторном внешнем воздействии на рассматриваемый объект в работе [9] было показано, что при решении упругопластической задачи в качестве параметра нагружения в области упругого состояния надо выбирать эквивалентное напряжение σ_{eq}, равное функции пластичности. В точке, находящейся в упругом состоянии, процесс нагружения определяется увеличением значения эквивалентного напряжения, процесс разгрузки уменьшением значения эквивалентного напряжения, а процесс нейтрального нагружения происходит при фиксированном значении эквивалентного напряжения. При этом в пространстве внешних воздействий путь нагружения, разгрузки и нейтрального нагружения определяется с учетом изменения значения эквивалентного напряжения.

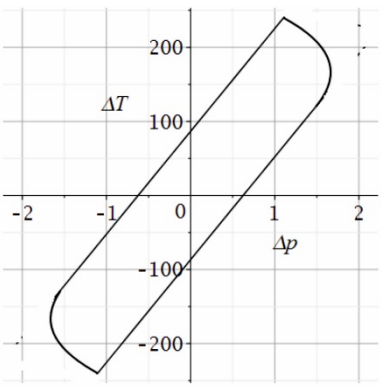
В области пластического состояния для идеального пластического тела по определению процесс нагружения всегда нейтральный. Поэтому в процессе нейтрального нагружения в пластической области интерес представляют накапливаемые необратимые деформации.

8. Область допустимых значений внешних параметров

Поскольку состояние объекта, определяемое его внутренними параметрами, зависит от внешних параметров, то при построении алгоритма решении задачи необходимо знать при каких значениях внешних параметров та или иная точка рассматриваемого объекта будет находиться в упругом или пластическом состоянии [9]. В работе [9] было показано, на сколько сильно зависят допустимые значения внешних параметров от значения материальных констант. Области допустимых значений внешних параметров, когда весь шар находится в упругом состоянии, соответствуют все точки внутренней области, изображенной на рис. 1. Если значения внешних параметров Δp и ΔT определяются координатами точек границы (рис.1), то происходит зарождение пластической области на одной из границ шара, или между внешней и внутренней границами шара, или одновременно на обеих границах шара.



a) $a = 0.7$



b) $a = 0.4$

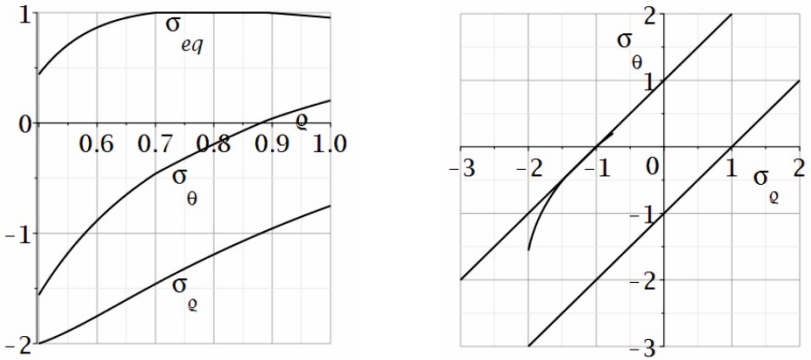
Рис. 1. Область допустимых значений для перепада температуры и давления для упругого состояния шара. $b = 1,\ \nu = 0.2,$ $E\alpha = 0.012$

9. Результаты вычислений

Были выполнены численные расчеты напряжений, деформаций, перемещений, эквивалентного напряжения, а также построение годографа напряжений. Результаты показаны на рис.2 - рис.3. Все величины приводились к безразмерному виду. За масштаб длины принимался внешний радиус шара. Все величины, имеющие размерность напряжений отнесены к пределу пластичности при

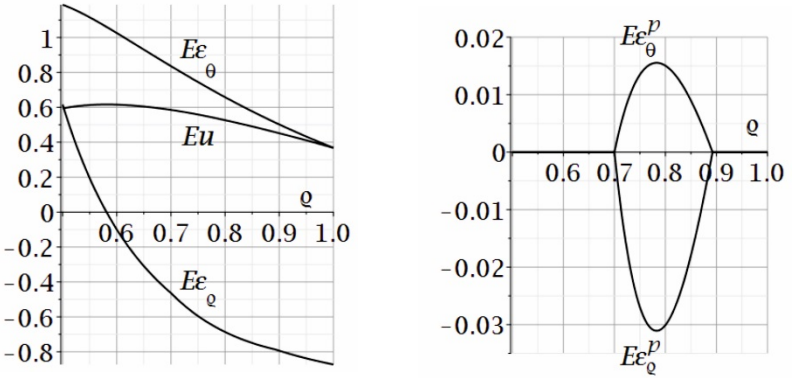
одноосном растяжении. Для всех графиков $k = 1$, $a = 0.5$, $b = 1$, $E\alpha = 0.012$, $\Delta T = 140$.

На рис.2 *a*) приведены графики распределения напряжений. На рис.2 *b*) приведен график годографа напряжений в плоскости $\sigma_\rho, \sigma_\theta$ и две параллельные линии пластичности. На рис.3 *a*) представлены графики деформаций и перемещений. На рис.3 *b*) графики пластических деформаций.



a) *b*)

Рис. 2. *a*) Распределения напряжений, *b*) годограф напряжений



a) *b*)

Рис. 3. *a*) Полные деформации и перемещения, *b*) пластические деформации

Заключение

Учет внешнего давления на полый шар показывает, что пластическая зона может зарождаться не только на внутренней, но и на внешней поверхности, а также в области между внутренней и внешней поверхностями полого шара.

Список литературы

1. Timoshenko, S. R. Theory of Elasticity / S. R. Timoshenko, J. N. Goodier. – New York: McGraw-Hill, 1970. – 506 p.
2. Kachanov, L. M. Fundamentals of the Theory of Plasticity / L. M. Kachanov, MIR Publishers, Moscow, 1974. – 482 p.
3. Lubliner, J. Plasticity theory. / J. Lubliner, Macmillan Publishing Company, 2006. – 622 p.
4. Chakrabarty, J. Theory of Plasticity / J. Chakrabarty, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. – 882 p.
5. Паркус, Г. Неустановившиеся температурные напряжения / Г. Паркус. – Москва: Физматлит, 1963. –. 252 с.
6. Коваленко, А. Д. Термоупругость / А. Д. Коваленко. – Киев: Вища шк., 1975. – 217 с.
7. Orçan, Y. The elastic-plastic spherical shell with nonlinear hardening subject to a radial temperature gradient / Y. Orçan, U. Gamer // Acta Mechanica. – 1994. – V. 102. – P. 183-198.
8. Дац, Е. П. Вычисление необратимых деформаций в полом упругопластическом шаре в условиях нестационарного температурного воздействия / Е. П. Дац, Е. В. Мурашкин, Р. Велмуруган // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2015. – № 3. – С. 168–175.
9. Aleksandrova, N. N. On stress/strain state in a rotating disk / N. N. Aleksandrova, M. A. Artemov, E. S. Baranovskii, A. I. Shashkin // Journal of Physics: Conf. Series 1203. – 8p.

Решение задачи распределения разнородного ресурса в сложных метеорологических условиях

Г. Н. Бакаев, E-mail: bakaev074@gmail.com [1], И. В. Круссер [1], Д. В. Черепанов [1]

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе рассматриваются авиационные подразделения, представляющие собой авиационные части, соединения и объединения Воздушно-космических сил, безопасность и эффективность функционирования которых зависит от метеорологических условий. Учет влияния этих условий при управлении авиационной системой требует применения фактической и прогностической метеорологической информации.*

Ключевые слова: *принятие метеозависимых решений, матрица, метеорологические условия, авиационный удар.*

Введение

В настоящее время широко применяются математические модели различных классов, для которых разработаны эффективные алгоритмы оптимизации, позволяющие получать решения в максимально короткое время. Это, прежде всего, модели математического программирования и оптимального управления, позволяющие учитывать основные особенности функционирования авиационных систем.

Совершенствование способов управления авиационными системами, тесно связано с необходимостью создания новых и развития существующих моделей и алгоритмов принятия решений в различных условиях обстановки.

Вопросы повышения эффективности применения авиации рассматриваются в работах Е.С. Вентцель [1], однако все расчеты выполнялись без учета влияния метеорологических условий, то есть для применения авиационных подразделений в простых метеорологических условиях. При планировании ударов по наземным объектам и боевых действий авиационному командиру и штабу часто приходится иметь дело с распределением разнородного авиационного ресурса. Существенную помощь при решении этой задачи могут оказать математические модели оптимизации разнородного ресурса.

© Бакаев Г.Н., Круссер И.В., Черепанов Д.В., 2020

1. Постановка задачи

1) Заданы S одиночных объектов удара с важностями $A_j(j=1,S)$ или S групповых объектов удара с количеством элементарных целей m_j и коэффициентом боевых потенциалов b_j. Сторона, планирующая по ним авиационный удар, потенциально располагает n типами ударной авиации с коэффициентами соизмеримостей (важностей) $Ci(i=1,n)$. Определены методами теории боевой эффективности $P = \{P_{ij}\}_{n\times S}$ и считаются заданными матрицы поражающих вероятностей и вероятностей преодоления ПВО $P_{ПВО} = \{P_{ij}^{ПВО}\}_{n\times S}$, произведение элементов которых определяет безусловную матрицу вероятностей поражения объектов удара с элементами: $w_{ij} = \{P_{ij} P_{ij}^{ПВО}\}_{n\times S}$. Вероятность преодоления ПВО учитывается как самостоятельный параметр, здесь же он включается в вероятность w_{ij} как условная вероятность данного события.

2) Такой подход, не изменяя результата, несколько упрощает вид конечных зависимостей и расчетных формул. Элементы матрицы безусловных поражающих вероятностей $\{w_{ij}\}$ и трактуются здесь как относительные меры ущербов, наносимых j – му объекту удара i – м типом ударного самолета с принятым для них вариантом боевой зарядки. Упомянутые в общей постановке задачи параметры включаются в массив исходных данных.

Требуется определить оптимальные наряды в виде матрицы назначений $X = \{X_{ij}\}_{n\times S}$, обеспечивающей:

а) максимум ущерба S объектам удара при заданном составе разнородного авиационного ресурса;

б) минимальный суммарный состав разнородного ресурса при заданном значении величины ущерба a.

В случае а) - имеет место прямая задача оптимизации (задача анализа), а в случае б) - обратная задача оптимизации (задача синтеза).

На основании постановки общего вида конкретизируем математическую постановку прямой задачи (задачи анализа). На основе табличных данных требуется определить оптимальную матрицу назначения $X = \{X_{ij}\}_{n\times S}$ я, обеспечивающих максимум двух индексной функции ущерба:

$$F(x)=\sum_{j=1}^{S}A_j\left(1-\prod_{i=1}^{n}\xi_{ij}^{x_{ij}}\right) \qquad (1)$$

При заданном составе разнородной ударной авиационной группировке общей численностью $N=\sum_{i=1}^{n}x_{ij}$ и заданной численности типов ударной авиации $N=\sum_{j=1}^{S}x_{ij}$. В качестве других ограничений выступают ограничения в виде не отрицательности $X_{ij}\ge 0$, положительности и очевидного неравенства $A_j\ge 0$, $0\le\xi_{ij}=1-w_{ij}\le 1$ как вероятностной меры соответствующих событий.

Для оптимизации разнородного ресурса выберем аналитический метод, с учетом многошаговости использования с учетом $P_j^{ПВО}=1$.

На первом шаге распределяем ресурс №1 по *S* объектам удара. В качестве K_j здесь выступают значения $K_{1j}=\ln(1-w_{1j})=\ln\xi_{1j}$ для *j=(1,S)*, а в качестве B_j, $B_{1j}=A_jK_j$.

Что же касается значения B_{11}, то оно определяется произведением A_1K_{11}. С учетом сделанных замечаний приобретают вид:

$$x_{i1}=\frac{1}{\sum_{j=1}^{S}\frac{K_{11}}{K_{ij}}}\left[N_i-\sum_{j=2}^{S}\frac{1}{K_{ij}}\ln\frac{B_j^{(i-1)}}{B_1^{(i-1)}}\right], \qquad (2)$$

$$x_j=\frac{K_{i1}}{K_{ij}}\left(x_{i1}-\frac{1}{K_{i1}}\ln\frac{B_j^{(i-1)}}{B_1^{(i-1)}}\right),\ \text{для } (j=2,S)$$

Результатом расчетов является первая строка искомой матрицы *X* в виде $(X_{11},X_{12},\ldots,X_{1i},\ldots X_{1n})$. После завершения этого этапа выполняется пересчет параметров возможностей A_j и как следствие, обобщенных возможностей b_j. Пересчет осуществляется по формулам вида:

$$A_j^*=A_j\xi_{1j}^{x_{1j}}\ \text{для } (j=1,S)$$

На втором шаге в качестве важностей объектов используются пересчитанные важности (2), а в качестве обобщенных важностей:

$$B_{2j}^{*} = A_j K_{2j} = A_j^{*} \ln \xi_{2j} \tag{3}$$

Результатами расчетов по тем же формулам (2) с учетом обозначений (3) и (4) является вторая строка искомой матрицы X в виде значений ($X_{21}, X_{22}, \ldots, X_{2i}, \ldots X_{2n}$). В дальнейшем процесс повторяется и к его завершению на n-м шаге сохранившиеся важности объектов удара запишутся в виде следующих важностей:

$$A_j^n = A_j \xi_{1j}^{x_{1j}} \xi_{2j}^{x_{2j}} \ldots . \xi_{nj}^{x_{nj}} = A_j \prod_{i=1}^{n} \xi_{ij}^{x_{ij}} \tag{4}$$

Величина ущерба, наносимого j-му объекту, которая представляет собой частную функцию:

$$f(x) = A_j - A_j^n = A_j \left(1 - \prod_{i=1}^{n} \xi_{ij}^{x_{ij}} \right) \tag{5}$$

полностью соответствует j-му слагаемому двухиндексной функции (5), поэтому пошаговая оптимизация разнородного ресурса соответствует оптимизации функции (1).

В отдельных случаях для i-го вида ресурса может оказаться $X_{ij} < 0$. Это означает, что j-му объекту удара ресурс i-го типа не назначается ($x_{ij} = 0$), а происходит перераспределение его единиц, но уже по *S-1* объектам удара по тем же формулам (2) с учетом указанных особенностей.

Задача. Планируется совместный удар бомбардировщиков, штурмовиков и боевых вертолетов по группировке войск противника. Исходные данные представлены в таблице.

Таблица

Исходные данные прямой задачи распределения разнородного авиационного ресурса

Типы самолетов, их численность и коэффициенты важности			Объекты удара (j=3)		
			A1=208,8	*A2=129,6*	*A3=67,2*
тип	*Ni*	*Ci*	*m1=58*	*m2=54*	*m3=24*
			b1=3,6	*b2=2,4*	*b3=2,8*
бомбардировщики	*28*	*3,8*	*0,042* *0,85*	*0,066* *0,92*	*0,054* *0,9*

штурмовики	*32*	*2,9*	*0,034* *0,82*	*0,043* *0,88*	*0,038* *0,86*
вертолеты	*12*	*2,2*	*0,02* *0,8*	*0,036* *0,82*	*0,042* *0,88*

2. Алгоритм решения метеозависимой задачи

По формуле $\xi_{ij} = 1 - P_{ij} P_{ij}^{пво}$ вычисляем элементы матрицы вероятностей не поражения.

По формуле $K_{ij} = \ln \xi_{ij}$ вычисляем значения коэффициентов K_{ij}. 3.

По формуле $B_{ij} = A_j K_{ij}$ вычисляем значения приведенных важностей объектов удара. Результаты расчетов для i =1сводим в строку матрицу вида: $B_1 = (B_{11}; B_{12}; B_{13}) = (-7{,}59; -8{,}11; -3{,}35)$.

По первой формуле (2) вычисляем значения X_{11}.

По второй формуле (2) вычисляем значения X_{12} и X_{13}.

Из анализа результатов этого решения следует вывод: X_{13}= -2,72 < 0, то полагается $X_{13} = 0$ и производится перераспределение $N_1 = 28$ по первому и второму объектам, исключив из распределения X_{13}.

По первой формуле (2) для $S = 2$ вычисляем значения X_{11}.

По второй формуле (2) вычисляем значения X_{12}.

Фиксируем первый этап расчета в виде первой строки искомой матрицы X_{11}

$$X_1 = \{X_{11}; X_{12}; X_{13}\} = (17;11;0)$$

Производим пересчет важностей объектов удара: $A_1^* = 208{,}8 \times 0{,}9643^{17} = 112{,}55$; $A_2^* = 129{,}6 \times 0{,}9393^{11} = 65{,}06$; $A_3^* = 67{,}2 \times 0{,}9514^{0} = 67{,}2$. Результат пересчета сводится в матрицу – с 32 строку вида: $A^* = (112{,}55; 65{,}06; 67{,}2)$

Переходим ко второму шагу – распределению штурмового ресурса в количестве $N_2 = 32$ единицы.

По формуле $B_j^* = A_j^* K_{2j}$ находим пересчитанные значения приведенных важностей:

$B_1^* = A_j^* K_{2j} = 112{,}55 \times (-0{,}0283) = -3{,}185$

$B_2^* = A_j^* K_{2j} = 65{,}08 \times (-0{,}0385) = -2{,}5$

$B_3^* = A_j^* K_{2j} = 67{,}2 \times (-0{,}0332) = -2{,}23$

По первой формуле (2) вычисляем значение X_{21}

По второй формуле (2) вычисляем значение X_{22} и X_{23}

С учетом округления получаем вторую строку искомой матрицы $X_2 = \{X_{21}; X_{22}; X_{23}\} = (19;8;5)$

Производим пересчет важностей после второго шага оптимизации:

$A_1^{**} = 112{,}54 \times 0{,}9721^{19} = 65{,}96$; $A_2^{**} = 65{,}06 \times 0{,}9622^{8} = 48{,}35$;

$A_3^{**} = 67{,}2 \times 0{,}9673^{5} = 56{,}13$.

Результат пересчета сводится в матрицу – строку вида $A^{**} = (65{,}96;48{,}35;56{,}13)$.

По формуле $B_j^{**} = A_j^{**} K_{3j}$ находим пересчитанные значения приведенных важностей: $B_1^{**} = 65{,}74 \times (-0{,}0161) = -1{,}06$;

$B_2^{**} = 47{,}8 \times (-0{,}0299) = -1{,}44$; $B_3^{**} = 56{,}9 \times (-0{,}0377) = -2{,}114$.

Переходим к третьему шагу оптимизации – распределению вертолетного ресурса в количестве $N_3 = 12$ единиц.

По первой формуле (2) вычисляем значение X_{31}

$$X_{31} = \frac{1}{1 + \frac{0{,}0161}{0{,}0299} + \frac{0{,}0161}{0{,}0377}} \times \left(12 - \frac{1}{0{,}0299} \ln \frac{1{,}44}{1{,}06} - \frac{1}{0{,}0377} \ln \frac{2{,}114}{1{,}06}\right) = -8{,}4$$

Получено отрицательное значение искомого наряда.

Полагаем $X_{31} = 0$ и производим распределение вертолетного ресурса, но уже по двум объектам удара. Вычисляем значения X_{32} и X_{33}.

$$X_{32} = \frac{1}{1 + \frac{0{,}0299}{0{,}0377}} \times \left(12 - \frac{1}{0{,}0377} \ln \frac{2{,}114}{1{,}44}\right) = 1{,}09 \approx 1$$

$$X_{33} = \frac{0{,}0299}{0{,}0377} \times \left(1{,}095 + \frac{1}{0{,}0299} \ln \frac{2{,}114}{1{,}44}\right) = 10{,}90$$

Выполняя математическое округление и получаем третью строку искомой матрицы назначений: $X_3 = \{X_{31}; X_{32}; X_{33}\} = (0;1;11)$.

Объединяя полученные строки запишем искомую матрицу в виде:

$$X = \begin{pmatrix} 17 & 11 & 0 \\ 19 & 8 & 5 \\ 0 & 1 & 11 \end{pmatrix}$$

Суммы значений по каждой из строк равняются $N_1 = 28$, $N_2 = 32$, $N_3 = 12$, что полностью соответствует исходным данным задачи.

Заключение

Анализ полученной матрицы позволяет сделать такие качественные выводы:

ресурс бомбардировщиков по третьему объекту удара (САУ) не назначается, он в соответствующих пропорциях распределяется по первому и второму объектам удара.

ресурс штурмовой авиации в соответствующих пропорциях распределяется по всем трем объектам удара. Преобладающая его величина направляется на наиболее важную цель - танковый батальон.

ресурс ударных вертолетов по танковой цели не назначается. Практически весь исходный ресурс вертолетов в количестве 11 единиц назначается для огневого воздействия по самоходной артиллерии.

По формуле (5) вычисляем величины ущербов:

$$f_1 = 208{,}8 \times \left(1 - \left(0{,}9643^{17} \times 0{,}9721^{19}\right)\right) = 142{,}83$$

$$f_2 = 129{,}6 \times \left(1 - \left(0{,}9393^{11} \times 0{,}9622^{8} \times 0{,}9705^{1}\right)\right) = 82{,}8$$

$$f_3 = 67{,}2 \times \left(1 - \left(0{,}9673^{5} \times 0{,}963^{11}\right)\right) = 29{,}96$$

$F = f_1 + f_2 + f_3 = 142{,}83 + 82{,}8 + 29{,}96 = 255{,}6$, что составляет 63%.

По формуле $m_j = f_j / b_j$ находим абсолютные значения ущербов по каждому из объектов удара: $m_1 = 142{,}83/3{,}6 = 40$ (танков), $m_2 = 82{,}8/2{,}4 = 35$ (бмп), $m_3 = 29{,}96/2{,}8 = 11$ (сау).

Таким образом, полученная матрица распределения соответствует порядку нумерации типов ударной авиации. Сам же порядок нумерации связывается с решением командира на выбор очередности нанесения удара по объектам.

Список литературы

1. Вентцель, Е.С. Введение в исследование операций: учебник для вузов / Е.С. Вентцель.: М.: Советское радио, 1964. – 386 с.

Методика организации экспертной базы знаний о правилах формализации разнородной метеорологической информации

С.Н. Башлыков, email: bashlykov.sergey@mail.ru [1]
Н.И. Малинин, email: nikmalinin3@yandex.ru [1]
Л.Н. Костылева, email: kostyleva12@yandex.ru[1]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной работе описаны основные аспекты методики организации экспертной базы знаний о правилах формализации разнородной метеорологической информации.*

Ключевые слова: *Интеллектуальная система, база знаний, правила формализации.*

Введение

В настоящее время происходит быстрое развитие информационных технологий и технических средств, активно применяемых в авиации по всему миру, что в свою очередь приводит к увеличению интенсивности воздушного движения, дальности полетов, объемов перевозок, появлению новейших образцов воздушных судов, а также совершенствованию существующих и появлению новых способов выполнения авиационных задач. Данная тенденция повышает требования к оценке и учету метеорологических условий (МУ) при планировании применения авиации, прежде всего в отношении анализа метеорологических данных и оперативности прогнозирования погоды.

Вместе с данными направлениями совершенствования возросла сложность авиационных систем (АС), снизилось время на планирование и организацию полетов, что привело к снижению обоснованности и качеству принимаемых решений. Проблема принятия решений или проблема выбора альтернатив – это самый распространенный класс задач, с которыми сталкивается руководитель – лицо, принимающее решение (ЛПР) [1].

Таким образом, проведение исследований, направленных на создание интеллектуальной системы, автоматизирующей поддержку принятия решений на основе метеорологической информации (МИ) при организации и планировании полетов, является целесообразным и актуальным.

© Башлыков С.Н., Малинин Н.И., Костылева Л.Н., 2020

1. Методика формализации качественной метеорологической информации

Современные методики создания программного комплекса, автоматизирующего принятие решения, подразумевает использование накопленного человеческого опыта и статистических данных, что объединяется в интеллектуально-информационной системе.

Разрабатываемая система выполняет структурирование и формализацию экспертных знаний с накоплением большого количества данных, реализуемых в базе правил.

В работе создание такой базы предлагается осуществить с помощью алгоритмов нечёткой логики [2]. Нечеткое моделирование предоставляет эффективные методы и средства для решения задач выбора альтернатив при недостаточности знаний об анализируемом объекте, наличии в описании функционирования объекта экспертных данных или эвристик. Алгебра нечетких чисел является математической основой для построения математических моделей систем с использованием лингвистических переменных и обычных арифметических операций. Это позволяет использовать традиционные методы моделирования для анализа нечетких систем [2].

Нечеткая переменная рассматривается в виде трех элементов $(x, U, \tilde{A})$, где x – значение переменной, например, «низкая облачность»; U – универсальное множество, т.е. область определения x. $\tilde{A}$ – нечеткое множество на U, интерпретирующее значение x с помощью функции принадлежности $\mu_{\tilde{A}}(x)$ [2].

Функции принадлежности нечетких высказываний предлагается выбирать в классе нормализованных треугольных функций. Вид треугольного числа показан на рисунке 1.

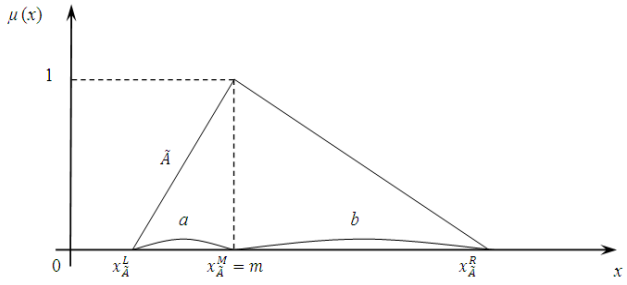


Рис. 1. Треугольная функция принадлежности нечеткого высказывания и ее параметры

В этом случае нечеткое высказывание $\tilde{A}$ задается в виде тройки действительных чисел (x^L, m, x^R), где m – мода, а x^L, x^R – соответственно левая и правая границы носителя X. Функция принадлежности числа $\tilde{A}$ определяется по формуле 1:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \mu_{\tilde{A}}^{L} = \dfrac{x - x^L}{m - x^L};\ x \in [x^L; m], \\ \mu_{\tilde{A}}^{R} = \dfrac{x - x^R}{m - x^R};\ x \in [m; x^R], \\ 0, \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (1)$$

Треугольные функции принадлежности имеют наиболее простой вид и позволяют решать прямые и обратные задачи выбора, следовательно, отвечают предъявленным требованиям [2].

Для реализации операторов нечеткой логики предлагаются следующие простые алгебраические операции:

$\mu_{A \wedge B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$ – алгебраическое произведение степеней истинности предпосылок;

$\mu_{A \vee B}(x) = \min\{\mu_A(x) + \mu_B(x); 1\}$ – граничная сумма степеней истинности предпосылок;

$\mu_{A \to B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$ – алгебраическое произведение степеней истинности предпосылки и заключения.

Таким образом, при использовании аппарата нечеткой логики возможно формализовать качественные оценки параметров атмосферы и построить базу продукционных правил [2, 3].

2. Методика построения базы правил на основе нечетких продукций

Наиболее оптимальный подход к построению базы правил метеозависимых решений основан на использовании нечеткой логики, в частности, системы нечетких продукционных правил, вид которых представлен выражением 2 [4]:

$$ЕСЛИ\ (x\ есть\ A_i) \wedge (u\ есть\ B_i)\ TO\ (y\ есть\ C_i), \quad i = 1, \ldots, n \quad (2)$$

где A_i, B_i, C_i – нечеткие высказывания, связанные логическими операторами «конъюнкция», «дизъюнкция» и «импликация».

Обобщенный вид структурной модели нечеткого логического вывода показан на рисунке 2.

Рис. 2. Структурная модель нечеткого логического вывода

Нечеткие продукционные правила разрабатываются на основе заключений специалистов-экспертов. Примерами логических продукций с нечеткими высказываниями являются:

«ЕСЛИ наклонная дальность видимости высокая И высота нижней границы облачности высокая, ТО возможность применения управляемых авиационных ракет высокая»;

«ЕСЛИ наклонная дальность видимости низкая И высота нижней границы облачности низкая, ТО возможность применения управляемых авиационных ракет низкая».

Например, в последнем правиле нечеткими высказываниями (нечеткими множествами) являются: A – «наклонная дальность видимости низкая», B – «высота нижней границы облачности низкая», C – «возможность применения управляемых авиационных бомб низкая».

В нечетких продукционных моделях для решения прямых задач используются в основном два способа нечеткого вывода [5, 6]: обобщенный прямой и обобщенный обратный вывод соответственно. Процедура вывода включает три этапа:

общий этап для первого и второго способа – задание нечеткой импликации $R: A \to B$, которая может быть представлена в виде нечеткой продукции *ЕСЛИ* (x *есть* A) *ТО* (y *есть* B);

задание нечеткой посылки x' *есть* A' для прямой задачи и нечеткой посылки y' *есть* B' для обратной задачи;

формирование вывода y' *есть* B' для прямой задачи и формирование вывода x' *есть* A' для обратной задачи.

Здесь переменные со штрихами означают результаты текущих измерений посылки или результаты сформированного на основе этой посылки заключения.

Существует множество вариантов построения компонент этих правил [7], каждый из которых учитывает те или иные особенности моделируемых процессов. Поэтому при построении модели необходимо сформулировать ряд требований к виду и способам реализации компонент нечетких продукционных правил.

Модель нечеткой импликации занимает центральное место в составе нечетких продукционных моделей и может быть задана различными способами. При этом в рассматриваемой задаче модель нечеткой импликации должна отвечать следующим требованиям:

1 – нечеткая продукционная модель должна обеспечивать решение обратной задачи с заданным значением возможности способов выполнения задач;

2 – нечеткая продукционная модель должна обеспечивать взаимное соответствие результатов прямого и обратного вывода при соответствии посылок;

3 – реализация нечеткой продукционной модели и работа с ней должны быть максимально просты и интуитивно понятны ЛПР, что является необходимым условием практического использования разрабатываемой
методики.

При решении практических задач выбора наибольшее распространение получила импликация Мамдани [7], функция принадлежности которой имеет вид:

$$\mu_R(x, y) = \min\{\mu_A(x); \mu_B(y)\} \qquad (3)$$

Здесь $\mu_A(x)$ и $\mu_B(y)$ – функции принадлежности нечеткой посылки A и нечеткого заключения B.

Результат прямого вывода B' с использованием модели нечеткой импликации и заданной нечеткой посылки x' *есть* A' представим в виде [8] $B' = A' \bullet R_м$, где $R_м$ – импликация (нечеткое отношение) Мамдани; «$\bullet$» – операция композиции (композиционное правило нечеткого логического вывода).

Модель нечеткого логического вывода записывается как функция принадлежности нечеткого множества B':

$$\mu_{B'}(y) = \sup_x\{\min[\mu_{A'}(x); \mu_{R_м}(x, y)]\} \qquad (4)$$

В качестве модели нечеткого вывода в работе рассматривается модель Мамдани, в основе которой лежит нечеткая импликация в виде произведения функций принадлежности посылки и заключения:

$$\mu_R(x,y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \tag{5}$$

В этом случае функция принадлежности примет вид:

$$\mu_{B'}(y) = \sup_x \{\mu_{A'}(x) \cdot \mu_{R_Л}(x,y)\} \tag{6}$$

Модель вывода Мамдани отличается простотой реализации и высокой чувствительностью к изменениям входных переменных в посылках нечетких продукционных правил, что удовлетворяет требованию 3. Для того, чтобы убедиться в возможности модели Мамдани удовлетворить требованиям 1 и 2, необходимо определить механизм нечеткого логического вывода применительно к задаче выбора вектора u в системе (3) и соответствующую методику построения нечеткой продукционной модели.

Для моделирования агрегатов нечетких предпосылок, составленных с помощью нечетких связок вида $\wedge$, применяются T – нормы. Для реализации этих операций в работе рассматривается алгебраический подход, при котором $\mu_A(x) T \mu_B(u) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(u)$ [9].

Модель нечеткого логического вывода (4) на основе импликации Мамдани (5) принимает вид:

$$\mu_{C'}(y) = \sup_x [\mu_{A'}(x) \cdot \mu_{B'}(u) \cdot \mu_A(x) \cdot \mu_B(u) \cdot \mu_C(y)] \tag{7}$$

Поскольку верхняя граница нормализованных функций $\mu_A(x)$ и $\mu_B(u)$ всегда равна единице, выражение (7) преобразуется до вида:

$$\mu_{C'}(y) = \mu_{A'}(x) \cdot \mu_{B'}(u) \cdot \mu_C(y) \tag{8}$$

Полученное выражение (8) позволяет легко решать прямую задачу для каждого правила системы (3) путем подстановки результатов измерений метеорологических показателей при заданной экспертом функции $\mu_C(y)$. Аккумулирование полученных функций $\mu_{Ci'}(y)$, где i – номер правила в системе (2), предлагается осуществлять на основе граничного алгебраического подхода:

$$\mu_{C'}(y) = \min\{\mu_{C1'}(y) + ... + \mu_{Ci'}(y) + ... + \mu_{Cn'}(y); 1\} \tag{9}$$

Необходимо отметить, что y играет роль возможности (экспертной вероятности) применения различных авиационных средств поражения y. Следовательно, допустимое множество ее значений представляет собой отрезок [0;1]. Функция принадлежности $\mu_{C'}(y)$ задает семантику

высказываний типа «возможность высокая» или «возможность низкая». Для проверки выполнения неравенства $y \geq y_{\min}$ необходимо выполнить дефаззификацию этой функции. Модель дефаззификации функции $\mu_{C'}(y)$ должна обеспечивать следующее естественное требование: при идеальных МУ полетов и идеальных управляющих параметрах возможность безаварийного полета должна быть максимально высокая, т.е. равняться единице. Для функций принадлежности триангулярного типа этому требованию отвечает наибольшее значение, определяемое по формуле:

$$y^0 = \arg\sup_y \mu_{C'}(y) \tag{10}$$

Вторым вариантом дефаззификации может служить нормированное средневзвешенное значение. Дефаззификация в форме средневзвешенного значения:

$$y^0 = \frac{\int_0^1 \mu_C(y) y dy}{\int_0^1 \mu_C(y) dy} \tag{11}$$

не обеспечивает указанное требование, т.к. при $y \in [0;1]$ всегда меньше единицы. Требование может быть обеспечено нормировкой средневзвешенной оценки, которая вводится следующим образом. Можно считать, что максимальное значение средневзвешенной оценки достигается при $\mu_C(y) = y$. Минимальное значение – нуль. Тогда нормированное значение средневзвешенной оценки будет находиться по формуле:

$$y^{0н} = \frac{y^0}{y^0_{\max}} \in [0;1] \tag{12}$$

Если учесть, что

$$y^0_{\max} = \frac{\int_0^1 y^2 dy}{\int_0^1 y dy} = \frac{0,33}{0,5} = 0,66, \tag{13}$$

то нормированное значение средневзвешенной оценки вычисляется как:

$$y^{0н} = \frac{y^0}{0,66} \tag{14}$$

Выражения (8) – (12) являются завершающими в процессе реализации методики прямого вывода.

Обратная задача будет состоять в определении функции принадлежности переменной u при заданной вероятности y возможности применения донного типа вооружения и измеренных метеорологических параметрах x.

Модель обратного вывода (12) можно записать в форме, полученной по аналогии с выводом выражения (13) для произвольного правила системы (2):

$$\mu_{B'}(u) = \mu_{A'}(x^0) \cdot \mu_B(u) \cdot \mu_{C'}(y^0) \tag{15}$$

Если принять процедуру дефаззификации в форме (13), то требование 2 формализованно можно записать в виде следующего высказывания:если результат прямой задачи рассчитывается по выражению

$$y^0 = \arg\sup_y \mu_{C'}(y) = \arg\sup_y \mu_{A'}(x^0) \cdot \mu_{B'}(u^0) \cdot \mu_C(y), \tag{16}$$

а дефаззифицированное значение управляющей переменной $u*$ является результатом обратного вывода, полученного на основе выражения (13), то подстановка $u*$ в (15) должна приводить к результату – y^0.

Графическая иллюстрация работы нечеткого логического вывода с импликацией Мамдани показана на примере следующих двух правил:

если $x \in A_1$ и $y \in B_1$, то $z \in C_1$,

если $x \in A_2$ и $y \in B_2$, то $z \in C_2$.

Соответствующая графическая иллюстрация показана на рисунке 3.

Таким образом, нечеткий вывод Мамдани позволяет легко решать прямую и обратную задачу для каждого правила системы путем подстановки результатов измерений метеорологических показателей при заданной экспертом функции принадлежности $\mu_C(y)$.

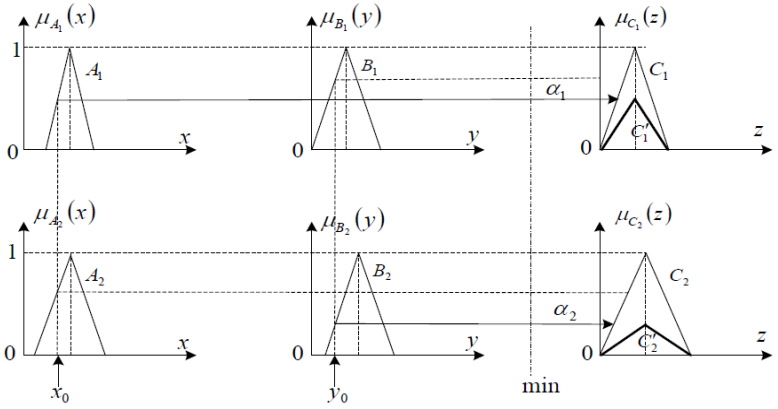


Рис. 3. Иллюстрация нечеткого вывода по Мамдани

Заключение

Разрабатываемая база знаний удовлетворят всем требованиям, предъявляемым для создания данной интеллектуальной системы. Структурирование и формализация знаний выполняется согласно описанному алгоритму нечеткого вывода Мамдани, который позволяет легко решать прямую и обратную задачу для каждого правила системы.

Список литературы

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2000. – 352 с.
2. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова П.В. – Липецк: ЛЭГИ, 2002. – 111 с.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл.ред. физ.-мат., 1986. – 312 с.
4. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатике / М.: Радио и связь, 1990.– 288 с.
5. Михайлов В.В. Военно-технические системы. Методические аспекты повышения эффективности функционирования: монография; под общ.ред. В.В. Михайлова. М.: Радиотехника, 2012.– 80 с.
6. Михайлов В.В. Методика определения оценки относительной важности гидрометеорологических критериев / Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-22: сборник трудов XXII Международной научной конференции. Т. 6. Псков: Изд-во Псковского государственного политехнического института, 2009. – С. 19-20.

7. Михайлов В.В., Кирносов С.Л. Методика построения системы поддержки принятия метеозависимых решений на базе фрактальных структур // Вестник ВГУ, серия «Системный анализ и информационные технологии», 2014. № 2 – С. 35-42.

8. Михайлов В.В. Оптимизация метеорологического обеспечения авиации на основе теории исследования операций / Радиолокация, навигация, связь: материалы XI междунар. науч.-технич. конференции. Воронеж, 2005. Т.3. – С. 240-244.

9. Матвеев М.Г. Статическая модель принятия решений в условиях метеорологической неопределенности // Вестник Воронежского государственного университета. Системный анализ и информационные технологии. 2006. – № 2. – С. 61-67.

Выделение групп биомедицинских данных в процессе классификации на основе алгоритмов минимизации дисперсии

В.А. Белобродский[2], email: belobrodsky@yandex.ru
Я.А. Туровский[1,2], email: yaroslav_turovsk@mail.ru
С.В. Борзунов[2], email: sborzunov@gmail.com

[1]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
[2]Воронежский государственный университет

Аннотация. *Представлен метод цифровой обработки данных на основе факторного анализа, обеспечивающий решение задачи классификации данных с использованием адаптированного метода главных компонент. Разработанный метод выполняет поиск в n-мерном пространстве новой системы координат, дисперсия проекций данных одного из классов на ось которой будет минимальна. Таким образом, формируется кластер, плотность вероятности нахождения наблюдений данного класса в котором существенно выше плотности вероятности нахождения в этом кластере данных из других классов. Произведена верификация метода при помощи альтернативного решения задачи методом последовательного перебора всех возможных углов поворота облака данных в существующей системе координат.*

Ключевые слова: *цифровая обработка сигналов, адаптированный метод главных компонент, классификация биомедицинских сигналов.*

Введение

Анализ значительного числа разнородных данных является одной из традиционных исследовательских задач в самых разнообразных сферах деятельности. Для решения таких задач разработан широчайший арсенал методов, доказавших свою эффективность [1-3]. Тем не менее, совершенствование уже существующих и поиск новых методов является одним из приоритетных направлений в области обработки результатов исследований, включая сигналы различной природы. Традиционные подходы классификации данных основаны на разделении наблюдений, относящихся к разным классам, т.е. выделении границ (возможно с использованием нечёткой логики) разделяющих в пространстве области, относящиеся к разным классам, и, одновременно, объединении наблюдений, расположенных «близко» в заданной метрике.

© Белобродский В.А., Туровский Я. А., Борзунов С. В., 2020

Целью работы является создание и апробация метода обработки данных на основе минимизации дисперсии класса данных.

Пусть исследуемая выборка представляет собой конечное множество объектов $\{\boldsymbol{x}_i\}$, $i = 1, 2..., N$, каждый из которых представляется вектором веществennoзначных признаков $\boldsymbol{x}_i$. Как хорошо известно, см., например, [4], в случае успеха процедура классификации разбивает выборку на непересекающиеся группы (кластеры):

$$\{\boldsymbol{x}_j\} = \bigcup_{i=1}^{K} B_i, \ \ \forall i \neq (B_i \cap B_j = \varnothing) \tag{1}$$

При этом, анализируется вся исследуемая выборка, часть из которой используется для обучения классификатора, а часть – для кросс-проверки, обеспечивая избегание переобученности. Таким образом, по сути, можно сформулировать, что один из подходов к классификации сводится к тому, чтобы найти область (области) в уже существующем пространстве, или получить новые координаты в пространстве, в которых вероятность нахождения объектов одного класса будет статистически значимо больше, чем в других областях.

В отличие от широко распространённого подхода с разделением выборки содержащей все исследуемые классы на «обучающую» и «кросс-проверочную» подвыборки, в рассматриваемом подходе будет использован иной алгоритм. Пусть из множества классов в массиве наблюдений имеется один, выделение которого значимо для целей и задач исследования. Или же имеется несколько групп значимость нахождения конкретного наблюдения в каждой из которых не равнозначна исходя из целей и задачей исследования. Рассмотрим единственный кластер B_1, который в дальнейшем применим для обучения классификатора. Следовательно, задача сводится к преобразованию существующих координат наблюдений в новые, обеспечивающие выполнение условий минимизации дисперсии точек кластера B_1. Преобразуем координаты существующего пространства так, чтобы в новых координатах проекция интересующего нас класса на одну из новых осей была минимальной. Т.е. рассмотрим другой подход, задачей которого является максимизация числа наблюдений одного из классов на единицу новой оси пространства наблюдений (в общем случае гиперплоскости). Иными словами, необходимо так изменить

исследуемые координаты переменных, чтобы проекции всех векторов одного класса на новую ось координат (гиперплоскость) имели бы минимальный вариационный размах:

$$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\boldsymbol{x}_i, \boldsymbol{w}_k)^2 \to \min \quad \text{для } k = 1, 2, ...n \tag{2}$$

где $\boldsymbol{x}_i$ – центрированные векторы данных $(i = 1, ..., N)$, $\boldsymbol{w}_k$ – векторы, характеризующие искомые оси новой системы координат, n – размерность пространства векторов исходных данных.

Для верификации статистической значимости различия величин дисперсии будем использовать критерий Ливена, который, по сравнению с критерием Бартлетта, менее чувствителен к отличиям распределения выборки от нормального распределения. Согласно критерию Ливена для выборки $\{\boldsymbol{x}_i\}$, $i = 1, 2..., N$, разделенной на классы $\left\{\boldsymbol{x}^{(j)}{}_i\right\}$, $i = 1, 2..., k$ вычислим величину

$$W = \frac{N-k}{k-1}\frac{\sum_{i=1}^{k} N_j(\overline{Z}_{i\bullet} - \overline{Z}_{\bullet\bullet})^2}{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{N_j}(\overline{Z}_{ij} - \overline{Z}_{i\bullet})^2} \tag{3}$$

где $Z_{ij} = \left|\left(\boldsymbol{x}_i^{(j)}, \boldsymbol{w}_1\right) - M_i\left[\left(\boldsymbol{x}_i^{(j)}, \boldsymbol{w}_1\right)\right]\right|$, $M_i[...]$ – среднее по элементам i-го класса, $\overline{Z}_{i\bullet}$ – групповое среднее, $Z_{ij}, \overline{Z}_{\bullet\bullet}$ – среднее по всей выборке. Гипотеза о равенстве дисперсий отвергается в случае $W > F_{\alpha,k-1,N-k}$, где через $F_{\alpha,k-1,N-k}$ обозначена верхняя граница F-распределения с $k-1$ и $N-k$ степенями свободы на уровне значимости α.

При этом изменение координат векторов других классов $(B_{2..n})$ должно обеспечивать более низкую плотность вероятности их нахождения в области вариационного размаха переменной выбранной для обучения.

Таким образом, необходимо выполнение условия:

$$\frac{\sum_{i=1}^{N_j} (\boldsymbol{x}_i^{B_j}, \boldsymbol{w}_k)^2}{\left|\max(\boldsymbol{x}_i^{B_j}, \boldsymbol{w}_k) - \min(\boldsymbol{x}_i^{B_j}, \boldsymbol{w}_k)\right|} < A(B_j) \tag{4}$$

где $A(B_j) = \text{const}$.

Обозначим левую часть формулы (4) через $P(B_j)$ - это плотность точек класса B_j . Таким образом, вычисление этой величины методом градиентного спуска можно записать как:

$$\boldsymbol{x}_i^{B_j,(k)} = \boldsymbol{x}_i^{B_j,(k-1)} - \lambda^{(k-1)} \nabla P(B_j) \tag{5}$$

где λ определяет скорость градиентного спуска.

Однако, возможно и применение иных методов для поиска новых координат. Как известно, примером преобразования, в результате которого могут быть изменены координаты в *N*-мерном пространстве тех или иных наблюдений, полученных экспериментально, может служить факторный анализ. Этот широко применяемый мощный метод анализа основан на поиске, т.н. латентных переменных – новых осей в уже существующем пространстве переменных, вдоль которых дисперсия облака данных максимальна [5,6].

Следовательно, используя аппарат факторного анализа можно получить данные о проекции облака данных на рассчитанные оси, при этом в ряде случаев дисперсия этих проекций будет последовательно увеличиваться:

$$0 < \lambda(\boldsymbol{w}_1) < \lambda(\boldsymbol{w}_2) < ... < \lambda(\boldsymbol{w}_n) \tag{6}$$

Очевидно, что новые оси (факторы), являющиеся собственными векторами ковариационной матрицы исходных переменных формируют множество двухмерных плоскостей. При этом вектор ортогональный вектору, дисперсия проекции переменных на который максимальна, имеет, наоборот, минимальную проекцию в данной плоскости (см. (2)).

Не составляет труда найти из множества собственных векторов (факторов, латентных переменных) тот, дисперсия проекции на который является минимальной. При этом расчеты следует вести не по ковариационной матрице всех наблюдений, а только по ковариационной матрице того класса, который выбран для формирования новых координат. Пусть $\boldsymbol{x}_i$, записанные по столбцам, образуют матрицу

$X = (\boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, ..., \boldsymbol{x}_N)$, и векторы, используемые для построения новых осей координат, имеют индексы $j = p, p+1, ...N$, где $1 < p < N$. Ковариационная матрица $\widetilde{\Sigma}$ системы векторов $\widetilde{X} = (\boldsymbol{x}_1, ..., \boldsymbol{x}_{p-1})$ строится как

$$\widetilde{\Sigma} = M\left[\left(\boldsymbol{x}_l, \boldsymbol{x}_m\right)\right] \text{ для } l, m \in \left[1, p-1\right] \tag{7}$$

где M – математическое ожидание. Полученные собственные векторы этой матрицы формируют матрицу преобразования A, которая отражает преобразование исходного пространства в новое, так, что синхронно меняются и координаты всех переменных:

$$\boldsymbol{x}' = A \cdot \boldsymbol{x} \tag{8}$$

Лемма. *Для точек кластера B_1 в декартовом пространстве R^2 перейдем к новой системе координат, оси которой Ox' и Oy' направлены вдоль собственных векторов $\boldsymbol{w}_1$ и $\boldsymbol{w}_2$ соответственно, причем этим векторам отвечают собственные значения $0 < \lambda(\boldsymbol{w}_1) < \lambda(\boldsymbol{w}_2)$. Тогда среднеквадратичное отклонение координат $\boldsymbol{x}'$ принимает минимальное значение среди всех возможных систем координат.*

Доказательство леммы следует из того факта, что в методе главных компонент при выборе собственных векторов в соответствии с убыванием отвечающих им собственных значений происходит максимизация суммы квадратов проекций на первую ось («главная компонента»). Выбор обратного порядка собственных значений приводит к минимизации дисперсии.

Обобщение леммы на случай произвольного арифметического векторного пространства R^N не составляет трудности: выбирается вектор $\lambda(\boldsymbol{w}_1)$ с наименьшей (но, разумеется, большим нулю) собственным значением, причем остальные векторы из набора $\widetilde{X}$ располагаются в произвольном порядке, например, в порядке возрастания $\lambda(\boldsymbol{w}_i)$. Сформулированный алгоритм приводит к минимальному значению среднеквадратичного отклонения координат $\boldsymbol{x}'$ для требуемого класса данных.

Верификация подхода

Далее рассмотрим на практике поиск осей с минимальной дисперсией для объекта, представляющего собой два пересекающихся облака точек (см. рис. 1).

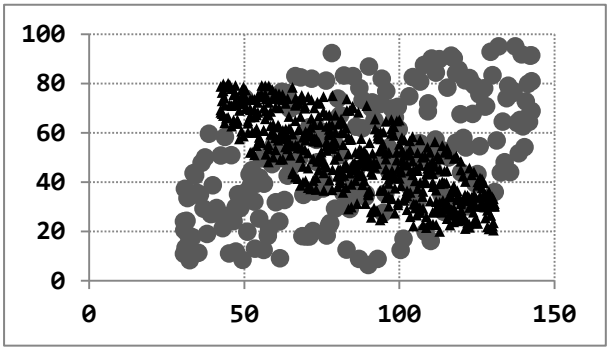


Рис. 1. Два облака точек на двумерной плоскости

Для верификации представленного алгоритма произведем два независимых друг от друга численных эксперимента (реализующие разные подходы) и сравним полученные результаты. В первом эксперименте применим подход, основанный на представленном выше алгоритме, то есть на формировании поворотной матрицы, составленной из собственных векторов ковариационной матрицы $\widetilde{\Sigma}$ в порядке возрастания модуля соответствующих собственных чисел. Во втором численном эксперименте возьмем те же самые входные данные (см. рис. 1) и реализуем следующий итерационный алгоритм:

1. на каждой итерации цикла от 0 до 360^0 с шагом в 1 градус будем производить:

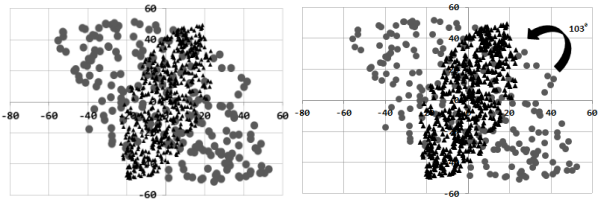
2. поворот 2-х мерного облака на текущий угол (от 0 до 360^0) с помощью известной матрицы поворота (матрицы направляющих косинусов):

$$A(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & \mp\sin\theta \\ \pm\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

3. вычисление дисперсии первой компоненты $\boldsymbol{x}_1$ всего облака и запись пары (угол-дисперсия) в отдельный массив;

4. после окончания итерационного процесса перебора всех возможных углов проанализируем полученные пары (угол-дисперсия) и найдем среди них угол, соответствующий минимальной дисперсии.

Ниже приведены полученные результаты двух экспериментов:



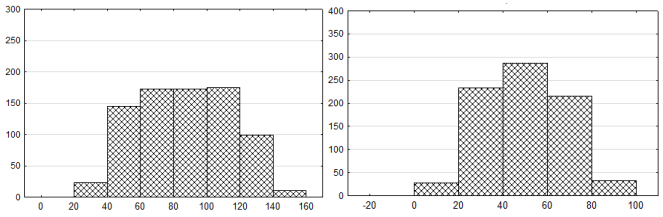
а б

а – найденное с помощью представленного метода ($\sigma_X^2 = 309$, $\sigma_X^2 = 794$),

б – найденное с помощью последовательного перебора всех возможных углов ($\sigma_X^2 = 309$, $\sigma_X^2 = 794$, $\alpha_{MIN} = 103°$)

Рис. 2. Расположение «облаков»

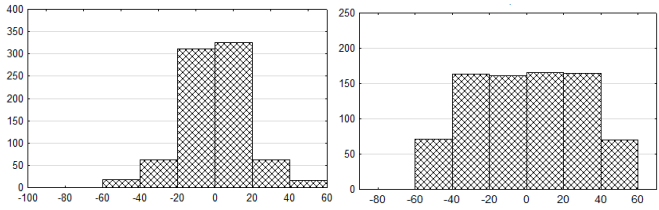
Исходя из взаимного расположения «облаков» (см. рис. 2а,б) и соответствующих им числовых значений дисперсий можно сделать вывод о правильности работы алгоритма и его реализации.



а б

а – на координатную ось « X », б – на координатную ось « Y »

Рис. 3. Распределение проекции исходных данных



а б

а – на координатную ось « X' », б – на координатную ось « Y' »

Рис. 4. Распределение проекции данных в новой системе

При этом, как нетрудно заметить, дисперсия распределения остальных данных («облаков») в результате проекции на новую ось оказывается существенно выше, чем для выбранного класса.

Заключение

Разработанный метод позволяет, за счёт изменения системы координат, выделить оси, проекции на которые дают минимальную дисперсию исследуемого класса. При этом, в случае успешного обучения, дисперсии остальных классов по критерию Ливена оказываются значимо выше, чем дисперсия требуемого класса. Отсюда следует, что плотность вероятности проекции данных исследуемого класса на новую ось оказывается статистически значимо выше, чем для других классов выборки. Метод был протестирован и с помощью альтернативного решения, основанного на итерационном переборе, и показано достижение сходных результатов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-07-01037 А)

Список литературы

2. Sutha, P. Fetal Electrocardiogram Extraction and Analysis Using Adaptive Noise Cancellation and Wavelet Transformation Techniques/ P. Sutha, , V. Jayanthi, // J Med Syst. – 2018. – №21.

3. Пономарев А.В. Основы теории двумерной цифровой обработки сигналов в базисах Фурье с варьируемыми параметрами // Цифровая обработка сигналов. 2019. №2. С. 12-20.

4. Silveira, M. Caputo New Time-Domain Approach for Digital Signal Processing: A Set of Experimental Measures for Systems with High Transmission Rates / M. Silveira, R. Figueiredo, // Journal of Circuits, Systems and Computers. - 2019. – V. 28 (05), P. 1950072.

5. Alpaydin E. Introduction to Machine Learning / E. Alpaydin // MITPress – 2014. – 539 p.

6. Jolliffe I. T. Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics/I T. Jolliffe // Springer, 2002. – 487 p.

7. Le Roux, B. Geometric Data Analysis: From Correspondence Analysis to Structured Data / B. Le Roux, H Rouanet // Springer Science & Business Media – 2014. – 297-332 p.

Использование компьютерного моделирования в задаче прогноза отдельных характеристик тропического циклона

Г.В. Берестевич, email: gdv555900@mail.ru
В.П. Закусилов, Э.Н. Мартинез

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе на основании анализа статистических связей для тропической зоны Североатлантического бассейна построена регрессионная модель прогноза продолжительности существования тропического циклона, минимального значения атмосферного давления в его центре и максимальной скорости ветра в нем.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, тропический циклон, температура, минимальное давление, минимальная скорость.*

Введение

Особо опасным явлением природы являются глубокие циклоны различного происхождения, с которыми связаны сильные ветры, обильные осадки, нагоны и высокие ветровые волны в море. Глубина циклона определяется значением давления воздуха в его центре. Размеры и мощность глубоких циклонов зависит от многих факторов и, в том числе, от места и времени их зарождения. Наибольшей мощностью отличаются циклоны, зародившиеся в тропической полосе широт. Циклоны, достигшие стадии урагана (скорость ветра более 33 м/с) называют тропическими. В этом случае тропический циклон становится грозным стихийным явлением, которое часто приводит не только к огромному экономическому ущербу, но и ко многим человеческим жертвам. Поражающие факторы тропических циклонов в стадии ураганов: кинетическая энергия ветра; интенсивные осадки; нагонная волна; штормовые волны значительной высоты, паводки, наводнения, обвалы, оползни, эрозия и переработка берегов.

Цель работы – разработка регрессионной модели прогноза продолжительности существования тропического циклона после его возникновения, а также его характеристик: минимального давления в центре и максимальной скорости ветра в нем.

© Г.В. Берестевич, В.П. Закусилов, Э.Н. Мартинез

Регрессионная модель прогноза продолжительности существования тропического циклона

В качестве исходных в работе рассматривались циклоны, местом формирования которых явились тропические широты Атлантического океана в Северном полушарии за период с 1970 по 2017 год. За это время в рассматриваемом бассейне наблюдалось возникновение и перемещение 523 тропических циклонов, многие из которых оказывали негативное влияние на страны центральной Америки. Для установления статистических связей использовался корреляционный анализ, для построения прогностических уравнений – регрессионная модель.

Для достижения цели решались задачи: статистическая обработка и анализ характеристик тропических циклонов; по средствам корреляционного анализа установление статистических зависимостей между временем и местом возникновения тропического циклона и продолжительностью его существования, минимальным значением атмосферного давления в его центре и максимальной скоростью ветра; построение регрессионной модели прогноза продолжительности существования тропического циклона, минимального значения атмосферного давления в его центре и максимальной скоростью ветра в нем.

Тропические циклоны – относительно компактные штормы довольно правильной формы, диаметром от сотни до нескольких сотен километров, с ветрами, дующими по спирали, сходящимися вокруг центральной области очень низкого атмосферного давления [1]. По структуре тропический циклон можно разделить на три части с характерными признаками: дождевые полосы (внешняя часть), стена глаза бури (средняя часть) и глаз бури (внутренняя часть).

Внешняя часть имеет ширину от 30 до 50 км. Она состоит из дождевых полос – сосредоточение плотных грозовых кучево-дождевых облаков. Скорость ветра в этой зоне равномерно увеличивается от периферии к центру циклона.

Средняя часть представляет собой кольцо плотных кучево-дождевых облаков, окружающих глаз бури, характеризуется очень сильным ветром. В пределах циклона облака достигают наибольшей мощности (до 15 км и выше), а осадки и ветры у поверхности наибольшей соответственно интенсивности и силы.

Центральная часть циклона, где отмечаются нисходящие воздушные потоки, называется глазом бури. Там обычно наблюдается спокойная погода и ясное небо, хотя волнение на море при этом чаще всего сохраняется исключительно большим. Глаз тропического циклона обычно имеет правильную округлую форму диаметром от 3 до 370 км

(чаще всего диаметр составляет примерно 30 – 60 км). В этой части отмечается самое низкое давление.

Тропические циклоны возникают только над водной поверхностью, при сочетании ряда факторов, необходимых для их образования [2].

1. Температура приповерхностного слоя (толщиной не менее 50 м в глубину) океанской воды должна быть не менее 26,5 °C. Это считается минимально достаточной температурой приповерхностного слоя, обеспечивающей интенсивное испарение с водной поверхности и способной вызвать нестабильность в атмосфере, располагающейся над ней.

2. Быстрое охлаждение с высотой поднимающегося воздуха, что делает возможным интенсивное высвобождение энергии конденсации, являющейся главным источником энергии тропического циклона

3. Наличие большого количества влаги в воздухе нижних и средних слоев тропосферы. Это создает более благоприятные условия для дестабилизации тропосферы.

4. Низкий вертикальный градиент ветра в тропосфере, поскольку большой градиент ветра разрывает циркуляционную систему циклона, препятствует его вертикальному развитию.

5. Для обоих полушарий очаг формирования тропического циклона должен находиться на расстояние не менее 4-5 градусов широты от экватора, поскольку только там сила Кориолиса достаточна для отклонения ветра и закручивания атмосферного вихря.

6. Необходима уже существующая зона низкого атмосферного давления или нестабильной погоды.

Механизм формирования тропического циклона заключается в следующем. Под действием солнечной радиации происходит испарение океанской воды. Энергия, затраченная на это в последствии высвобождается в результате конденсации водяного пара в средних и верхних слоях тропосферы и является главным источником энергии тропического циклона. Таким образом, тропический циклон представляет большую тепловую машину: теплый влажный воздух поднимается вверх (преимущественно в пределах стены глаза циклона). По мере поднятия воздуха происходит его расширение и охлаждение, его относительная влажность, высокая уже у поверхности, увеличивается ещё больше, вследствие чего большая часть накопленной влаги конденсируется и выпадает в виде дождя. Воздух продолжает охлаждаться и терять влагу с поднятием до тропопаузы. Потеряв практически всю влагу, он перестаёт охлаждаться с высотой и начинает, опускается вниз до океанской поверхности, где снова увлажняется и снова поднимается. Происходит замкнутый цикл. Избыточная энергия

идет на увеличение объёмов восходящих потоков, увеличение скорости ветров и ускорение процесса конденсации, то есть ведёт к образованию положительной обратной связи. Для сохранения благоприятных условий, тропический циклон должен находиться над теплой океанской поверхностью, дающей ему необходимую влагу; когда же циклон проходит участок суши, он теряет доступ к этому источнику и его энергия быстро убывает.

В жизненном цикле тропического циклона выделяются четыре стадии [3].

1. Стадия формирования. Она начинается с формирования тропической депрессии, появления первой замкнутой изобары. Давление в центре, как правило, опускается до 990 гПа. В реальности только около 10 % тропических депрессий получает дальнейшее развитие.

2. Стадия молодого циклона, или стадия развития. В этой стадии циклон начинает быстро углубляться (отмечается интенсивное падение давления). Ветры ураганной силы образуют вокруг центра кольцо радиусом до 40-50 км.

3. Стадия зрелости. Падение давления в центре циклона и увеличение скорости ветра постепенно прекращаются. Область штормовых ветров и интенсивных ливней расширяется в размерах. Диаметр тропических циклонов в этой стадии может колебаться от 60-70 до 1000 км.

4. Стадия затухания. Начало стадии – заполнение циклона, т.е. переход к росту давления в его центре. Затухание связано с уменьшением притока энергии (тепла и влаги) с поверхности океана, а при выходе на сушу еще и с увеличением трения о подстилающую поверхность. Это происходит при перемещении тропического циклона в зону более низких температур поверхности воды или при переходе на сушу.

Перемещение тропических циклонов зависит, прежде всего, от преобладающих ветров, в системе общей циркуляции атмосферы. В зоне возникновения, под влиянием пассатов циклоны движутся на запад с плавным поворотом при подходе к материку в северном полушарии на северо-запад. Причина тому заключается в эффекте Кориолиса, влияющего не только на закручивания атмосферных вихрей, но и на трассы их движения.

В умеренных широтах, из-за особенностей циркуляции (зона западных ветров умеренного пояса), траектория изменяется на северо-восточную, а затем на восточную. Скорость перемещения тропических циклонов в начальный момент небольшая 10-20 км/ч. После выходе

циклона во внетропические широты она возрастает до обычных скоростей циклонов умеренных широт.

Активность циклонической деятельности в тропической зоне Североатлантического бассейна по годам, повторяемость циклонов по месяцам приведена соответственно на рисунках 1, 2.

Годовое количество циклонов изменяется от 4 (1972 год) до 24 (2005 год). В среднем отмечается 10 -11 циклонов в год. За последние 17 лет (с 1995 года) наблюдается увеличение количества циклонов в среднем до 14 случаев за год.

Рис. 1. Повторяемость возникновения тропических циклонов по месяцам

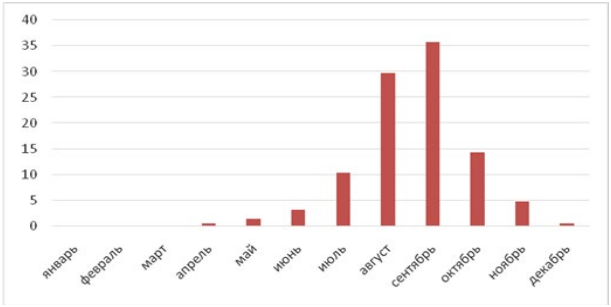


Рис. 2. Повторяемость возникновения тропических циклонов по месяцам

Наибольшая повторяемость циклонов в рассматриваемом бассейне наблюдается в сентябре (более 35%), на август и сентябрь приходится почти 66%, на период с июля по октябрь – 95%. Тропические циклоны в рассматриваемом бассейне не возникают в январе, феврале и марте. На

июнь и ноябрь приходится 7,8%, на апрель, май и декабрь приходится примерно 2% случаев.

Местоположения очагов формирования тропических циклонов в Северной Атлантике определено путем расчета средних и средних экстремальных значений их широт и долгот (табл. 1).

Таблица 1

Средние и средние экстремальные значения координат очагов зарождения тропических циклонов

Минимальная широта зарождения	12,1º с.ш.
Средняя широта зарождения	21,2º с.ш.
Максимальная широта зарождения	32,9º с.ш.
Минимальная долгота зарождения	32,2º з.д.
Средняя долгота зарождения	61,0º з.д.
Максимальная долгота зарождения	89,4º з.д.

Описанное усредненное распределение линейных трендов дает наглядное представление о наиболее вероятном фоне. Анализ кривых, построенных для индивидуальных узлов, показал, что на различных широтных зонах распределение скорости изменения температуры происходит специфическим образом. Широтные кривые, сгруппированные по однородности хода, представлены на рисунках отдельно для северных, центральных и южных широт.

Характерные особенности распределения скоростей изменения температуры по долготам для узлов, находящихся в северных широтах (55-60º с.ш.), показаны на рисунке 3. Для северной группы точек имеет место повсеместное повышение температуры, максимум скорости повышения для них приходится на долготы 30-35º в.д. Однако, при перемещении с юга на север, локализация очага смещается к востоку, величина повышается от 0,8º/10 лет на λ=55º в.д. до 0,94º /10 лет, на долготе 60º в.д.

В Североатлантическом бассейне ураганы возникают, прежде всего, в следующих океанических областях: к востоку от Малых Антильских островов и на востоке Карибского моря (Североатлантический бассейн) – с июля по октябрь, к северу от Больших Антильских островов с июля по октябрь, в западной части Карибского моря – в июне и с конца сентября до начала ноября, в

Мексиканском заливе – с июня по ноябрь и, наконец, у островов Зеленого Мыса – с июля по октябрь.

На рисунке 3 представлена повторяемость тропических циклонов различной продолжительности. Наибольшая повторяемость продолжительности тропических циклонов приходится на период в 2,3,4 дней (в сумме составляет больше 42 %), на продолжительность 1,5,6 дней приходится около 30 %. на продолжительность от 11 до 21 приходится 28 %.

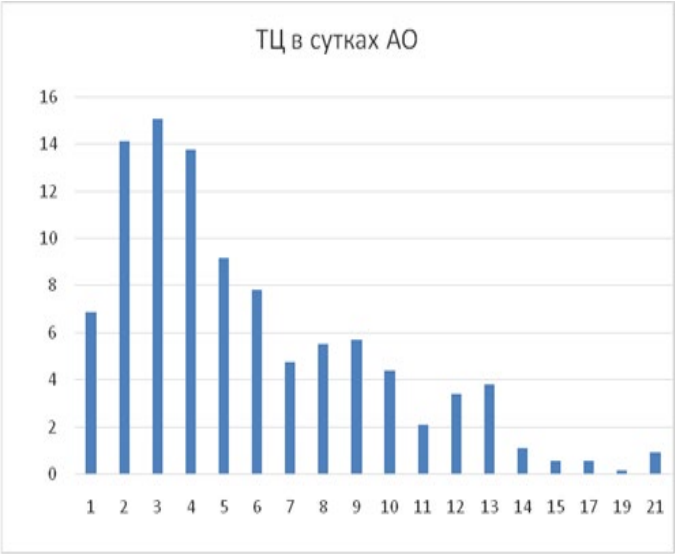


Рис. 3. Повторяемость тропических циклонов различной продолжительности (в сутках)

Рассчитанные средние и экстремальные значения атмосферного давления и максимальной скорости ветра, характерные для различных стадий тропического циклона, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения атмосферного давления и максимальной скорости ветра в тропических циклонах различной интенсивности

Стадия циклона	Атмосферное давление в центре циклона		Максимальная скорость ветра в циклоне	
	Диапазон	Среднее	Диапазон	Среднее
TS	994-1008	1002	18-25	21
STS	933-1006	994	25-35	28
HR	882-1002	965	33-83	47

Диагноз связей между временем и местом возникновения тропического циклона и продолжительностью его существования, а также минимальным значением атмосферного давления в его центре и максимальной скоростью ветра проведен по средствам корреляционного анализа. С помощью парных коэффициентов корреляции [4], осуществлялась количественная оценка тесноты взаимно корреляционных связей:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(X_i - \overline{X}\right)\left(Y_i - \overline{Y}\right)}{(n-1)\sigma_x \sigma_y}$$

где n – длина архивной выборки; Y_i – предиктант, в качестве которого поочередно рассматривались 1) продолжительность существования циклона (N), 2) минимальное значение атмосферного давления в его центре (P_{min}); наблюдаемая максимальная скорость ветра в нем (V_{max}); X_i – предикторы, в качестве которых рассмотрены: порядковый номер дня возникновения циклона, начиная с начала года (m); место возникновения тропического циклона (широта (φ) и долгота (λ)); σ_x, σ_y – среднеквадратические отклонения X_i и Y_i соответственно.

Результаты корреляционного анализа в виде парных коэффициентов корреляции приведены в таблице 3.

Таблица 3

Матрица парных коэффициентов корреляции

	m	φ	λ	Pmin	Vmax	N
m	1,00					
φ	-0,09	1,00				
λ	-0,13	0,43	1,00			
Pmin	-0,08	0,08	0,11	1,00		
Vmax	0,14	-0,17	-0,20	-0,46	1,00	
N	0,11	-0,43	-0,49	-0,21	0,35	1

Исходя из длины архивной выборки и 95% доверительном интервале согласно [4] значимым можно считать величину коэффициента корреляции 0,2. Из анализа таблицы видно, что лучше всего проявляется зависимость продолжительности существования тропического циклона от места его формирования.

На основании выявленных связей построена регрессионная модель прогноза в виде регрессионных уравнений, которые могут быть использованы в прогностических целях. Сами уравнения и их оценки (множественный коэффициент корреляции R и среднеквадратическая ошибка σ приведены в таблице 4.

Таблица 4

Уравнения регрессии и их оценки

Вид уравнения	Оценки	
	R	σ
$N = 11,65+0,004n-0,13\varphi - 0,07\lambda$	0,55	3,23
$Vmax = 36,36 + 0,04n - 0,18\varphi - 0,09\lambda$	0,25	14,06
$Pmin = 980,56 -0,08n + 0,25\varphi + 0,19\lambda$	0,13	48,27

Исходя из оценок прогностических уравнений следует, что практически имея представленный набор предикторов можно с достаточной надежностью прогнозировать продолжительность существования конкретного зародившегося тропического циклона. С определенным допуском можно спрогнозировать максимальную скорость, которая будет наблюдаться в нем. Что касается прогноза минимального атмосферного давления в нем, то здесь целесообразно подыскать для использования другие предикторы.

Заключение

Таким образом, в работе было проведено исследование тропических циклонов, местом формирования которых, явились тропические широты Атлантического океана в северном полушарии. Полученные их статистические характеристики, а также корреляционные связи между отдельными параметрами и регрессионная модель прогноза могут быть полезны при оценке условий возникновения тропических циклонов и их влияния на побережье стран Латинской Америки и Карибского бассейна.

Список литературы

2. Тараканов Г.Г. Тропическая метеорология. / Г. Г. Тараканов // Л., Гидрометеоиздат, 1980. 173 с.
3. Тропическая метеорология. Труды IV Международного симпозиума. / Г. Г. Тараканов // Л. Гидрометеоиздат, 1989. 468 с.
4. Хромов С.П. Метеорология и климатология./ С. П. Хромов, М.А. Петросянц // Москва, изд-во «КолосС», 2014. 584 с.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика // В.Е. Гмурман Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2002. 486 с.
6. Груза Г.В. Вероятностная оценка наблюдаемых и ожидаемых изменений климата Российской Федерации: температура воздуха./ Г.В. Груза, Э. Я Ранькова // В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, М.,ИГКЭ., 2011. – С. 43–70.

Использование нейросетевых технологий при прогнозе альтернативных метеорологических явлений

С.В. Беспалов e-mail: antonn58@ya.ru
А.А. Чурюканов e-mail: bes@vmail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Раскрывается возможность применения нейросетевых технологий прогнозирования явлений погоды. Приводятся результаты сравнительного анализа успешности прогноза гроз по различным алгоритмам.*

Ключевые слова: *искусственная нейронная сеть, дискриминантный анализ, нейрон, алгоритм обучения, успешность прогноза.*

Введение

Необходимость в сокращении времени и материальных затрат при анализе метеорологических данных и последующем прогнозе приводит к автоматизации этих процессов. Чаще всего системы автоматической обработки метеорологической информации основаны на статистических методах, в частности, дискриминантном анализе. Задачи классификации метеорологической информации могут быть решены различными методами дискриминантного анализа. Классическим подходом является линейный дискриминантный анализ. Однако он не всегда дает приемлемые результаты из-за линейной неразделимости классов. Нелинейный анализ тоже может быть затруднен, если классы разделимы только в вероятностном смысле. Поиск эффективных методов классификации и распознавания образов остается актуальной задачей. Перспективным направлением развития систем поддержки принятия решений является применение математического аппарата нейронных сетей. Целью настоящей работы является сравнение успешности альтернативных прогнозов разработанных как по нейросетевой технологии [1] так и с помощью дискриминантного анализа [2] на примере прогноза грозы. Программная реализация выполнена в среде программирования MATLAB.

© Беспалов С. В., Чурюканов А.А., 2020

1. Использование алгоритмов дискриминантного анализа

Исходные данные представляют из себя архивную выборку объемом 100 случаев, из них 30 с наличием явления и 70 с отсутствием явления. Такое соотношение соответствует природной повторяемости гроз в июле месяце для Центрально-Черноземного региона. Архивная выборка была разбита на обучающую и контрольную в соотношении 1/3. Предикторы характеризуются 4 критериями (входные переменные модели), и предиктант, т.е. выход моделей («наличие/отсутствие» – 1 или 2 класс). Предикторами являются:

- T_{850} – температура на уровне 850 гПа;
- T_{d850} – температура точки россы на уровне 850 гПа;
- T_{500} – температура на уровне 500 гПа;
- D_{700} – дефицит точки россы на уровне 700 гПа.

В результате выполнения файла-сценария в среде MATLAB определены коэффициенты и найдено выражение линейной дискриминантной функции:

$$F = 0{,}045T_{850} + 0{,}167T_{d850} - 0{,}120T_{500} - 0{,}083D_{700} \qquad (1)$$

Вычислена константа дискриминации F_k = 2,441. Найденные значения дискриминантной функции F для обучающей выборки. Решающее правило для данной функции: если $F - F_k \geq 0$, то прогнозируется наличие явления, в противном случае – отсутствие явления.

Для каждого случая по контрольной выборке были вычислены вероятности *P(A)* и *P(B)* принадлежности к группе *A* (наличия) или *B* (отсутствие). Сравнение результата классификации с фактическим состоянием показывает, что ошибка классификации составляет 39% от общего количества рассмотренных значений. Фрагмент результатов расчетов по дискриминантной функции приведен в таблице 1. Линейная дискриминантная функция не способна с большей точностью решить задачу прогнозирования явлений погоды. Поэтому перспективным направлением развития разработки новых способов прогноза явлений погоды является поиск более точных, хотя и более сложных, методов распознавания образов. Обычно нейронные сети используют для моделирования взаимосвязей, когда не известен точный вид связей между зависимыми (выходными) и независимыми (входными) переменными. Важная особенность применения нейронных сетей состоит в том, что зависимость между выходными и входными переменными находиться в процессе обучения сети. Возможность обучения – одно из главных преимуществ нейронных сетей перед

традиционными методами. С математической точки зрения обучение нейронных сетей – это многопараметрическая задача нелинейной оптимизации.

Таблица 1

Фрагмент характеристик успешности при прогнозе по дискриминантной функции

№	F	$F - F_k$	P(A)	P(B)	Class (группа)	Фактические значения
1	1.8964	-0.5450	0,63	0,37	0	1
2	-0.4211	-2.8625	0,94	0,06	0	0
3	-0.1732	-2.6146	0,93	0,07	0	0
4	0.7166	-1.7248	0,84	0,16	0	0
5	-0.5816	-3.0230	0,95	0,05	0	0
6	-1.1712	-3.6126	0,97	0,03	0	0
7	0.8466	-1.5948	0,83	0,17	0	0
8	0.8466	-2.2572	0,91	0,09	0	0
9	0.1842	-2.5659	0,92	0,08	0	0
10	-0.1245	0.2575	0,43	0,57	1	0
11	2.6989	-2.9706	0,95	0,05	0	0
12	-0.5292	-2.6138	0,93	0,07	0	0
13	-0.1725	-2.2046	0,93	0,07	0	0
14	0.2368	-3.0348	0,95	0,05	0	0

2. Использование нейросетевых технологий при прогнозе гроз

На втором этапе исследования для разработки способа прогноза гроз использовались алгоритмы искусственных нейронных сетей (ИНС), широко представленные в пакете MATLAB. В этой связи особо следует отметить версии пакета – MATLAB 2019a и выше, где представлен графический интерфейс пользователя GUI (Graphical User Interface) для ИНС – NNTool.

Обучение ИНС заключается в определении сетевой архитектуры и корректировке весовых отношений для конкретной задачи. Чтобы настроить вес ссылок в нейронной сети, используется образец обучения. По мере улучшения итерации весов соответственно улучшается функционирование сети. Он должен начинаться с определения модели внешней среды, в которой работает ИНС, поэтому устанавливается необходимая информация для обучения. Кроме того, необходимо установить способ изменения параметров сетевого веса. Таким образом,

сам алгоритм обучения может быть представлен в виде процедуры, которая использует правила обучения для корректировки весов.

В нашем случае в качестве входных данных мы выбрали из исходных данных значения изменения индекса за первые пять дней, которые поместили в матрицу. В качестве же целевых данных выступит матрица, которая содержит значения индекса на момент шестого дня. Таким образом наша нейронная сеть сможет делать прогнозы основываясь на данных предыдущих пяти дней.

Следующий шаг заключается в распределении входных и целевых векторов в случайном порядке данные на три набора в процентном соотношении. В нашем случае (рисунок 1):

– 70% векторов используются для обучения;
– 15% векторов – для проверки достоверности результатов и чтобы избежать перетренировки сети;
– 15% используются для независимого испытания сети.

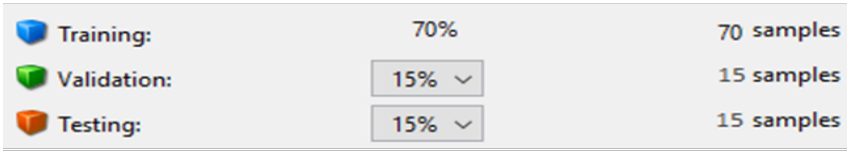


Рис. 1. Процентное соотношение входных наборов данных

Исходя из задачи используем однонаправленную сеть с обратным распространением ошибок и сигмоидальной функцией передачи в скрытом слое с линейной функцией передачи в выходном слое. Эта структура, представленная на рисунке 2, хорошо подходит для аппроксимации функций. Так же на данном этапе можно задать количество нейронов на скрытом уровне нейронной сети. Количество нейронов, используемых в скрытом слое зависит от сложности решаемой задачи, (в данном случае аппроксимируемой функции) в нашем случае выбрано 10 нейронов.

Графический интерфейс пользователя пакета MATLAB позволяет выбирать структуры ИНС из обширного перечня и предоставляет множество алгоритмов обучения для каждого типа сети.

Следующий шаг непосредственно обучение сети. Исследовались следующие алгоритмы обучения: Левенберга-Марквардта, обратная Байесова регуляризация и масштабированные сопряженные градиенты. Алгоритм Левенберга - Маркардта отличается от метода сопряженных градиентов тем, что использует матрицу Якоби модели, а не градиент вектора параметров.

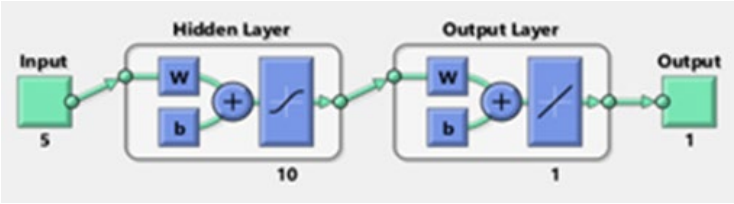


Рис. 2. Структура нейронной сети

Лучшую успешность показал алгоритм Левенберга-Марквардта, в котором в качестве критерия оптимизации будет использоваться среднеквадратичная ошибка модели на обучающем образце. Алгоритм состоит в последовательном приближении заданных начальных значений параметров к желаемому локальному минимуму. На рисунке 3 представлен график, который демонстрирует нам сколько эпох длилось обучение сети и как менялась среднеквадратичная ошибка проверки достоверности результатов по ряду показателей.

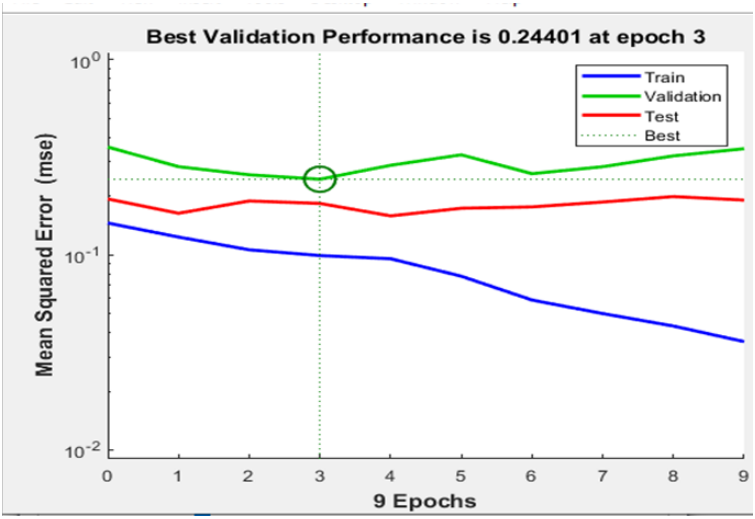


Рис. 3. Распределение по эпохам среднеквадратической ошибки в процессе обучения

В нашем случае обучение нейросети было остановлено на третьей эпохе и среднеквадратичная ошибка проверки достоверности результатов была равна 0,24401.

В этом примере, результат адекватен из следующих соображений:

1. Заключительная среднеквадратичная ошибка мала.
2. Ошибка проверочного (Validation) и тестового (Test) наборов утверждения имеют подобные характеристики.
3. Переобучения не произошло, так как после точки остановки происходит лишь увеличение СКО проверочного набора до 9 эпохи.

После окончания процесса обучения, следует проверит правильность решения проблемы путем запуска и тестирования только что обученной сети. Для проверки будем использовать контрольный набор данных, которые не использовались для обучения искусственной нейронной сети.

Проведем тестирование по контрольной выборке и сравним данные. Сравнивая данные, выданные системой, и реальные данные, можно убедиться, что нейронная сеть действительно делает прогнозы, приближенные к реальности, ошибка классификации составляет всего 28%

Рекомендуется изменять модель нейронной сети, если в результате последовательных шагов в обучении и контроле ошибка остается неприемлемо большой (можно увеличить количество нейронов на скрытом слое или сменить тип сети). Так же рекомендуется использовать специальный тестовый набор данных, который будет своеобразным образцом независимым от входных данных. Проводя тестирование на таком наборе, появляется возможность проверки надежности результатов обучения ИНС. Однако, такой набор можно использовать только один раз, так как его легко преобразовать в набор управления, который используется для настройки сети.

В таблице 2 приведены результаты проверки успешности прогноза гроз.

Таблица 2

Характеристики успешности прогноза гроз

Критерий успешности	Нейронная сеть	Линейная дискр.функция
Общая оправдываемость	0,72	0,61
Критерий Обухова	0,34	0,28
Критерий Багрова	0,39	0,30

Заключение

Исходя из полученных результатов в ходе эксперимента и сравнения их с линейной дискриминантной функцией, можно сделать вывод о том, что использование стандартных инструментов нейросетевых технологий в среде математического программирования Matlab для прогнозирования явлений погоды является приемлемым, но

для более достоверного прогнозирования требуется более большой объем данных входных величин за предыдущее время. Возможности Matlab, такие как формирование исходного кода по обученной нейронной сети, в дальнейшем позволяют расширить стандартные возможности программного обеспечения. Таким образом, разработка искусственной нейронной сети в среде Matlab для достоверного прогнозирования явлений погоды вполне реальна для её реализации.

Нейронные сети являются подходящим инструментом для решения задач прогнозирования в метеорологическом отношении, альтернативным традиционным статистическим методам. Дальнейшее повышение точности прогноза возможно за счет более точной и тонкой настройки структуры сети и изменения количества входных параметров.

Натренированная на ограниченном множестве данных сеть способна обобщать полученную информацию и показывать хорошие результаты на данных, не использовавшихся в процессе обучения. В метеорологии это свойство дает возможность прогнозировать явления погоды.

Список литературы

1. Медведев, В. С. Нейронные сети / В. С. Медведев; под общ. ред. В. Г. Потемкина. – М., ДИАЛОГ-МИФИ, 2001. – 630 с.

2. Дискриминантный анализ. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс], Режим доступа: http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stdiscan.html

Увеличение продолжительности полета малоразмерного беспилотного летательного аппарата в условиях обледенения

В. А. Бобрусь, email: v.bobrus@yandex.ru

А. В. Мельников, email: alexei.melnikov90@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *С помощью математической модели обледенения крыла беспилотного летательного аппарата оценена эффективность противообледенительного покрытия и выбран наилучший материал покрытия, увеличивающий продолжительность полета в зоне обледенения.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, крыло, теплопроводность, защитное покрытие, модель обледенения, выигрыш, продолжительность полета.*

Введение

Обледенение аэродинамической поверхности является следствием высокой влагоемкости облаков и отрицательной температуры на высоте применения воздушного судна. Отложение льда вызывает перегрузку и неконтролируемую снижение высоты, приводящие к потере БпЛА. Малоразмерные беспилотные летательные аппараты самолетного типа мини, малого и легкого классов (БпЛА) имеют слабую энерговооруженность (единицы-десятки Вт), малый запас грузоподъемности, невысокую прочность обшивки, нервюр, лонжеронов крыла. Вследствие этого в таких БпЛА не находят применения успешно используемые в пилотируемой авиации энергозатратные способы защиты от обледенения, требующие для плавления льда на поверхности крыла различными средствами мощность электроэнергии не менее 400 Вт/м^2. Одним из способов защиты крыла таких БпЛА, не требующих отбора энергии бортового генератора и изменения штатной конструкции крыла, является установка на передней кромке крыла навесной противообледенительной защиты в виде гибкой водонепроницаемой пленки и сбрасывание этого покрытия вместе со льдом при достижении толщиной льда критического значения [1].

Целью работы является оценка эффективности различных вариантов противообледенительного покрытия крыла и обоснованный выбор типа материала покрытия, позволяющего увеличить продолжительность полета в зоне обледенения.

© Бобрусь В. А., Мельников А. В., 2020

1. Математическая модель обледенения

Анализ результатов ранее проведенных исследований [2] показал, что скорость нарастания слоя льда тем меньше, чем меньше теплопроводность твердого тела. Следовательно, можно снизить интенсивность льдообразования, например, путем установки на кромке крыла БпЛА защитного (водонепроницаемого) материала с низкой теплопроводностью. Этот материал должен обладать теплопроводностью меньшей, чем штатная обшивка крыла, и иметь при этом минимально-возможные массогабаритные характеристики и стоимость.

Для выбора наиболее предпочтительного материала гибкого защитного покрытия необходимо рассмотреть пленочные водонепроницаемые материалы с низкой (по сравнению с крылом) теплопроводностью λ. Учесть низкую теплопроводность *i*-го варианта защитного покрытия в модели обледенения можно путем введения соответствующего поправочного коэффициента $K_{\Pi}(\lambda_i)$, зависящего от соотношения теплопроводностей оцениваемого покрытия λ_i и материала обшивки крыла λ_k.

Скорость льдообразования на границе твердого тела (кромки крыла) и пленки воды, образующейся из захваченных капель набегающего воздушного потока, определяется координатой x_b границы льда (параметром намерзания). Полученные в [2] экспериментальные данные для разных покрытий можно аппроксимировать функцией возрастающей экспоненты

$$x_b = 0,25 \cdot e^{6,27 \cdot 10^{-3} \cdot \lambda}, \; 0 < \lambda, \tag{1}$$

где λ – теплопроводность покрытия, на котором нарастает лед.

Выражение для расчета поправочного коэффициента *i*-го варианта защитного покрытия будет иметь вид

$$K_{\Pi}(\lambda_i) = \frac{x_{bi}}{x_k}, \; 0 < K_{\Pi}(\lambda_i) < 1, \tag{2}$$

где x_{bi} и x_k – параметр намерзания льда на защитном покрытии и на внешней поверхности обшивки крыла соответственно.

Поскольку теплопроводность материалов понижается с уменьшением температуры, справочную теплопроводность защитного материала необходимо привести к температуре $t^0C = 0$ с помощью понижающего температурного коэффициента K_t, полученного из

эмпирической формулы Власова [3]. Например, при справочной теплопроводности λ_i, приведенной для $t^0C = 30$, понижающий коэффициент K_t будет равен 0,93.

В силу непрерывности и случайности процесса обледенения и его схожести с процессом диффузии в качестве модели обледенения выбрана марковская непрерывная модель диффузионного типа, а конечным показателем модели – вероятность $P_{ПВ}$ перехода обледеневшего БпЛА в состояние неконтролируемой потери высоты (поглощающее состояние).

В результате решения уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова в работах [4, 5] получено выражение для вероятности перехода в поглощающее состояние в предположении постоянства коэффициента сноса a (средней скорости) и коэффициента диффузии b (среднеквадратического отклонения скорости), принятое в модели обледенения, для оценки вероятности обледенения

$$P_{ПВ} = 1 - \int_0^{\infty} \frac{1}{b \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot t}} \cdot \left[\exp\left(-\frac{(x - a \cdot t)^2}{2 \cdot b^2 \cdot t} \right) - \exp\left(-\frac{(x - a \cdot t - 2 \cdot c)^2 - 4 \cdot a \cdot t \cdot c}{2 \cdot b^2 \cdot t} \right) \right] dx, \quad (3)$$

где c – максимально-допустимая (критическая) толщина намерзшего льда на крыле; x – толщина намерзшего льда; a – интенсивность обледенения; b – среднеквадратическое отклонение скорости нарастания льда.

Выражение для расчета интенсивности обледенения a штатной обшивки крыла, заимствованное из [6], учитывает плотность намерзающего льда, воздушную скорость полета БпЛА, водность облака, полный коэффициент оседания (захвата) частиц воды, учитывающий профиль крыла и распределение капель в облаке, коэффициент намерзания льда.

Температурная зависимость водности облаков в модели обледенения представлена кусочно-линейной зависимостью

$$\sigma\left(t^0C\right) = \begin{cases} 0,706 \cdot t^0C + 4,6 & при \ -5 \le t^0C \le 0; \\ 0,026 \cdot t^0C + 1,21 & при \ -30 \le t^0C < -5; \\ 0,3 & при \ -55 < t^0C < -30. \end{cases} \quad (4)$$

Оценка скорости нарастания льда на кромке крыла при наличии защитного покрытия *i*-го типа с учетом поправочного коэффициента $K_П(\lambda_i)$ проводится по выражению

$$a_\lambda = a \cdot K_П(\lambda_i) \text{ [мм/мин]}. \quad (5)$$

Степень обледенения оценивается толщиной x намерзшего льда, прямо пропорциональной времени полета t в зоне обледенения и скорости нарастания льда.

Выражение для расчета значения максимально допустимой толщины c намерзшего льда имеет вид:

$$c = \frac{0,75 \cdot \left(M_{макс} - M_{норм} + \rho_T \cdot t \right)}{1,6 \cdot \rho_л \cdot S_к} \text{ [мм/мин].} \quad (6)$$

где ρ_T – поминутный расход топлива; $\rho_л$ – плотность намерзающего льда; t – заданная продолжительность полета; $M_{макс}$ и $M_{норм}$ – максимальная и нормальная взлетная масса соответственно; S_K –защищаемая площадь крыла; 0,75 – коэффициент, учитывающий долю льда на крыле относительно всей массы льда на БпЛА; 1,6 – коэффициент, учитывающий аппроксимацию кромки крыла сегментом цилиндрической формы.

Математическая модель обледенения передней кромки крыла дозвукового малоразмерного БпЛА реализована в среде Mathcad.

2. Выбор защитного покрытия

В качестве материала защитного покрытия с низкой теплопроводностью, можно использовать поливинилхлорид (ПВХ), стеклопластик, полиуретан или полиэтилен [7]. Для выбора наилучшего материала необходимо учитывать три частных показателя качества: эффективность; массу (вес); затраты (стоимость). Поскольку прямая пропорциональность между ними отсутствует, целесообразно применить подход, основанный на использовании радиус-вектора в пространстве показателей качества, предложенный Гуткиным Л.С. [8]. В качестве показателя эффективности K_1 защитного покрытия примем вероятность обледенения $P_{ПВ}$ при интенсивности обледенения a_λ, в качестве K_2 – массу (вес) защитного материала, в качестве K_3 – стоимость. Эти показатели имеют стандартный вид (чем меньше, тем лучше). В декартовой системе координат строятся радиус-векторы и находятся значения их модулей $\vec{r}_i$ для каждого i-го оцениваемого варианта. Для наилучшего варианта модуль радиус-вектор $\vec{r}_i$ должен быть минимален

$$\vec{r}_i = \sqrt{K_{1i}^2 + K_{2i}^2 + K_{3i}^2} \Rightarrow \min. \quad (7)$$

Характеристики четырех вариантов материала защитного покрытия приведены в таблице 1. Результаты работы модели применительно к БпЛА с размахом крыла 3,1 м в различных метеоусловиях при воздушной

скорости полета 100 км/час, полной заправке 4,5 кг, начальном запасе грузоподъемности 100 г представлены в таблице 2.

Таблица 1

Характеристики вариантов материала защитного покрытия

Вариант материала пленки	Характеристики пленки					
	Теплопроводность, Вт/м·град	Плотность, кг/ м^3	Цена, руб/м^2	Пониж. коэффициент $K_{\Pi}(\lambda_i)$	Масса, кг	Стоимость, руб
ПВХ	0,155	1240	258	0,530	0,62	258
Стеклопласт.	0,23	1800	40	0,532	0,90	40
Полиуретан	0,32	1200	210	0,534	0,60	210
Полиэтилен	0,445	949	22,5	0,536	0,48	23

Таблица 2

Результаты выбора материала защитного покрытия

Вариант материала пленки	Показатели качества			Модуль радиус-вектора
	$K_{1i}, P_{ПВ}$	K_{2i}, *кг*	K_{3i}, *руб*	$\vec{r}_i$
ПВХ	0,236	0,62	258	0,712
Стеклопласт.	0,237	0,90	40	0,932
Полиуретан	0,238	0,60	210	0,678
Полиэтилен	0,240	0,48	23	$0{,}537 \Rightarrow \min$

Параметр намерзания льда на обшивке металлопластикового крыла x_k принят равным 0,468. Стандартное отклонение b интенсивности обледенения, рассчитанное по данным, приведенным в [9], можно принять равным 0,29 мм/мин.

Из анализа таблицы 2 следует, что наиболее предпочтительным материалом защитного покрытия по критерию (7) является полиэтиленовая пленка (вариант №4).

3. Оценка выигрыша

При использовании выбранного защитного покрытия общее время безопасного пребывания БпЛА в зоне обледенения увеличивается на время τ_1, определяемое моментом t_1 сброса покрытия со льдом (рисунок 1), на котором t_2 – момент окончания безопасного полета в зоне обледенения после сброса покрытия.

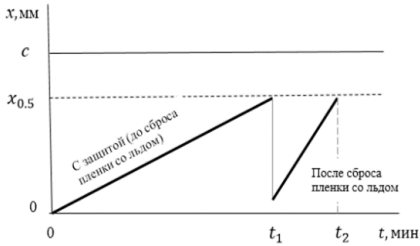


Рис. 1. Временная зависимость толщины льда на кромке крыла

Интервал времени безопасного полета с установленным противообледенительным покрытием обозначим τ_1, без противообледенительной защиты – τ_2. Интегральным показателем эффективности защиты от обледенения будем считать величину выигрыша Θ от применения защиты при оценке продолжительности полета БпЛА

$$\Theta = \frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_2}. \qquad (8)$$

Результаты расчета выигрыша Θ от применения защиты крыла дозвукового малоразмерного БпЛА представлены в таблице 3.

Таблица 3

Выигрыш в увеличении продолжительность полета БпЛА

Тип обледенения	Интенсивность обледенения, мм/мин		Продолжительность полета в зоне обледенения, мин			Выигрыш, раз
	с защитой	без защиты	с защитой	без защиты	T_Σ,	Θ,
Сильное	0,6663	1,25	9,5-10	3,5-4	13-14	2,5-2,7
Умеренное	0,3998	0,75	29-32	7,5-8	37-40	3,6-4,3
Близкое к умеренному	0,2133	0,4	600	34-35	635	~18
Слабое	0,0267	0,05	Ограничения отсутствуют			>20

Допустимая продолжительность полета τ_1 определялась моментом достижения толщины слоя льда значения $x_{0,5}$, при которой вероятность неконтролируемой потери высоты равна $P_{ПВ} \geq 0,5$.

Заключение

Из приведенных результатов следует, что сильное обледенение практически исключает применение БпЛА, т.к. продолжительность полета не превысит 13-14 минут. При умеренном обледенении защитное покрытие из полиэтиленовой пленки примерно в 4 раза увеличивает продолжительность полета (до 29-32 мин), а при близком к умеренному обледенению – до 18 раз (с 35 до 600 мин). При слабой интенсивности обледенения продолжительность полета будет зависеть только от наличия топлива на борту.

Список литературы

1. Бобрусь, В. А. Эффективность способа механической защиты от обледенения крыла легкого беспилотного летательного аппарата / В. А. Бобрусь, И. В. Лосев, А. В. Мельников // Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки : сб. науч. ст. по материалам докладов VI Международной НПК «АВИАТОР» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 3-8.
2. Дмитриев, В.Л. Образование льда при контакте холодного тела и жидкости [Электронный ресурс] : исследования в области естественных наук. 2015. №3. – Режим доступа: http:// science.snauka.ru/ 2015/03/9716.
3. Теплопроводность – Все для МГСУ [Электронный ресурс] : учебный портал для студентов. – Режим доступа: http://allformgsu.ru/publ/teplogazoshabzhenie_i_ventiljacija_tgv/teploprovodnost.
4. Тихонов, В. И. Марковские процессы / В. И. Тихонов, М. А. Миронов – М. : Сов. радио, 1977. – 328 с.
5. Барзилович, Е. Ю. Статистические методы оценки состояния авиационной техники / Е.Ю. Барзилович, М.В. Савенков – М. : Транспорт, 1987. – 240 с.
6. FlyMeteo. Обледенение [Электронный ресурс] : Режим доступа : http://flymeteo.org/stat/icing.php
7. Полная таблица теплопроводности различных строительных материалов [Электронный ресурс] : Режим доступа: http://termoizol.com.
8. Гуткин, Л. С. Проектирование радиосистем и радиоустройств : учеб. пособие для вузов / Л. С. Гуткин ; М. : Радио и связь, 1986. – 288 с.
9. Особенности выполнения полетов самолета Ту-204-300 в особых случаях: Уч. пособ. / Составитель. В.П. Бехтир // Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2010. – 68 с.

Моделирование и анализ диаграмм направленности решеток элементарных электрических вибраторов на боковой поверхности цилиндра конечной длины

А. В. Богословский, email: bogosandrej@yandex.ru [1]
Д. Н. Борисов, email: borisov@sc.vsu.ru [2]
С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru [1]
О. Э. Разинькова, email: razinkova-olga@rambler.ru [1]

[1]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»), г. Воронеж, Россия
[2] Воронежский государственный университет (ВГУ), г. Воронеж, Россия

Аннотация. *С использованием метода наведенных токов и способа представления электрического и магнитного полей идеально проводящего объекта с осевой симметрией эквивалентными токами, аппроксимируемыми рядами цилиндрических функций, разработана электродинамическая модель линейной решетки элементарных электрических вибраторов, расположенной на боковой поверхности круглого цилиндра конечной длины. Проведен анализ диаграммы направленности и коэффициента направленного действия решетки в диапазоне рабочих частот. Выполнена проверка точности расчета характеристик решетки путем сравнения их значений с результатами вычислений, полученными с применением пакета программ электродинамического моделирования CST MWS – Computer Simulation Technology Microwave Studio.*

Ключевые слова: *линейная антенная решетка, элементарный электрический вибратор, электродинамическая модель, метод наведенных токов, программы электродинамического моделирования.*

Введение

Как показывает практика [1-3], направленные свойства антенных систем зависят от формы, габаритов и электрофизических параметров несущих конструкций. При размещении антенны на носителе, характерные электрические размеры которого являются резонансными [4] для диапазона ее рабочих частот, проявляются эффекты изменения диаграммы направленности (ДН), обусловленные экранированием несущей поверхностью [1, 2], и снижения коэффициента направленного действия (КНД).

© Богословский А. В., Борисов Д. Н., Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., 2020

Реально достижимые характеристики антенных систем могут быть оценены по результатам электродинамического анализа на основе моделей их приемоизлучающих структур, расположенных на объектах, соответствующих фрагментам носителей [1-3].

В предлагаемой работе с использованием метода наведенных токов [4, 5] и способа представления электрического и магнитного полей идеально проводящего объекта с осевой симметрией эквивалентными токами [6], аппроксимируемыми рядами цилиндрических функций [3, 5], разработана электродинамическая модель линейной решетки элементарных электрических вибраторов, расположенной на боковой поверхности круглого цилиндра конечной длины.

Цель работы – исследование закономерностей изменения ДН и КНД антенной решетки в зависимости от размеров, числа, плотности размещения элементов.

1. Электродинамическая модель линейной решетки элементарных электрических вибраторов вблизи боковой поверхности цилиндра

Для расчета токов цилиндра, на боковой поверхности которого расположена линейная решетка элементарных электрических вибраторов, введем цилиндрическую систему координат (ρ, ϕ, z); для вычисления поля, ДН и КНД решетки – сферическую систему координат (r, ϕ, θ), в которой угол θ отсчитывается от оси Oz.

Будем полагать, что цилиндр радиуса a и длиной h расположен вдоль оси Oz цилиндрической системы координат; через его края проходят параллельные плоскости с координатами $z = \mp h/2$. Решетка состоит из N элементов с шагом d; первый элемент размещен в точке с координатами $(a, 0, l)$. Размеры цилиндра и решетки удовлетворяют условиям: $(N-1)\,d \le h - |l|$, $|l| \le h/2$.

В соответствии с методом наведенных токов распределение токов на цилиндре конечных размеров считается тождественным распределению на бесконечно протяженном цилиндре [3, 6]. Плотность поверхностных токов цилиндра монотонно убывает по мере удаления от источника электромагнитного поля [3]. При $h/\lambda >> 1$, где λ – длина возбуждающей волны, амплитуды токов при $z = \mp h/2$ малы, поэтому волнами поверхностных токов, отраженных от краев и затекающих на торцевые поверхности цилиндра, можно пренебречь [3].

Комплексная ДН решетки определяется выражением [4]

$$\dot{F}(\theta,\phi)=\sum_{n=1}^{N} i_n^{*} f_n(\theta,\phi) \qquad (1)$$

где i_n – комплексная амплитуда тока $n-$го антенного элемента, $n=1,\ldots,N$,

$$f_n(\theta,\phi)=D_n(\theta,\phi)\,\exp\left\{-j\frac{2\pi}{\lambda}(a\cos(\phi-\phi_0)\,\sin\theta+(l+(n-1)\,d)\cos\theta)\right\} \qquad (2)$$

– парциальная диаграмма $n-$го элемента,

$$D_n(\theta,\phi)=\sqrt{D_{n\theta}^2(\theta,\phi)+D_{n\phi}^2(\theta,\phi)}\,, \qquad n=1,\ldots,N\,, \qquad (3)$$

– его дифракционный множитель, характеризующий влияние несущей поверхности на распределение токов $n-$го элемента [7], $D_{n\theta[\phi]}(\theta,\phi)$ – поляризационные компоненты множителя, * – знак комплексного сопряжения.

Для расчета $D_n(\theta,\phi)$, $n=1,\ldots,N$, электрическое поле решетки представим в виде суперпозиции полей антенных элементов и цилиндра. По аналогии с [3] находим, что его поляризационные компоненты определяются выражениями:

$$\dot{E}_\theta(r,\theta,\phi)=-j\frac{\exp\left(-j\frac{2\pi r}{\lambda}\right)}{2r\lambda}\left[\mu_0 c\sum_{n=1}^{N} M_{\theta n}(\theta,\phi)+\sum_{n=1}^{N} L_{\phi n}(\theta,\phi)\right], \qquad (4)$$

$$\dot{E}_\phi(r,\theta,\phi)=-j\frac{\exp\left(-j\frac{2\pi r}{\lambda}\right)}{2r\lambda}\left[\mu_0 c\sum_{n=1}^{N} M_{\phi n}(\theta,\phi)+\sum_{n=1}^{N} L_{\theta n}(\theta,\phi)\right], \qquad (5)$$

где

$$\begin{bmatrix} M_{\theta[\phi]n}(\theta,\phi) \\ L_{\theta[\phi]n}(\theta,\phi) \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} M_{\theta[\phi]}(\theta,\phi) \\ L_{\theta[\phi]}(\theta,\phi) \end{bmatrix}\times$$
$$\times\exp\left\{-j\frac{2\pi}{\lambda}(a\cos(\phi-\phi_0)\,\sin\theta+(l+(n-1)\,d)\cos\theta\right\}, \qquad (6)$$

– дифракционные функции $n-$го элемента, $n=1,\ldots,N$,

$$\begin{bmatrix} M_\theta(\theta,\phi) \\ L_\theta(\theta,\phi) \end{bmatrix} = a\sin\theta \int_0^{2\pi} \int_{-h/2}^{h/2} \begin{bmatrix} H_\phi(a,\phi',z') \\ -E_\phi(a,\phi',z') \end{bmatrix} \times$$
$$\times \exp\left[j\frac{2\pi}{\lambda}(a\cos(\phi-\phi')\sin\theta + z'\cos\theta) \right] dz'd\phi', \tag{7}$$

$$\begin{bmatrix} M_\phi(\theta,\phi) \\ L_\phi(\theta,\phi) \end{bmatrix} = a \int_0^{2\pi} \int_{-h/2}^{h/2} \begin{bmatrix} -H_z(a,\phi',z') \\ E_z(a,\phi',z') \end{bmatrix} \times$$
$$\times \exp\left[j\frac{2\pi}{\lambda}(a\cos(\phi-\phi')\sin\theta + z'\cos\theta) \right] dz'd\phi' \tag{8}$$

– функции распределения полей на поверхности цилиндра длины h [6], $H_{\phi\,[z]}(r',\phi',z')$ и $E_{\phi\,[z]}(r',\phi',z')$ – азимутальные и продольные компоненты магнитного и электрического полей на поверхности $r=a$ цилиндра, μ_0 – магнитная проницаемость свободного пространства, c – скорость света.

В [5] изложена методика аппроксимации полей рядами цилиндрических функций с представлением компонентов магнитного и электрического полей эквивалентными токами. Она позволяет в аналитическом виде вычислить интегралы в (7), (8) и найти (3) путем суммирования рядов тригонометрических функций азимутальных гармоник [6] с весовыми коэффициентами в виде соотношений функций Ханкеля.

С использованием данной методики из (6) – (8) находим

$$D_{n\theta}(\theta,\phi) = \frac{2\pi^2\mu_0 l_0 a}{\lambda^2} \times$$
$$\times \left[2\cos\theta\cos\phi \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda}\sin\theta\cos\phi \right) - \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m j^m \cos(m\phi)\gamma_{nm}^{\theta} \right], \tag{9}$$

$$D_{n\theta}(\theta,\phi) = -\frac{2\pi^2\mu_0 l_0 a}{\lambda^2} \times$$
$$\times \left[2\sin\phi \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda}\sin\theta\cos\phi \right) - \sum_{m=1}^{\infty} j^m \sin(m\phi)\gamma_{nm}^{\phi} \right], \tag{10}$$

где l_0 – длина вибратора, $\varepsilon_m = 2-\delta_{m0}$, δ_{mp} – символ Кронекера.

Выражения для расчета множителей γ_{nm}^{θ}, $m \geq 0$, и γ_{nm}^{ϕ}, $m \geq 1$, в (9), (10), полученные в [5], имеют вид:

$$\gamma_{nm}^{\theta}=\int\limits_{-\infty}^{\infty}\frac{k}{\alpha}\left[\frac{\dot{H}_m^{(2)}\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\alpha\right)}{H_m^{(2)}\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\alpha\right)}-\left(\frac{m\lambda}{2\pi a}\right)^2\frac{H_m^{(2)}\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\alpha\right)}{\dot{H}_m^{(2)}\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\alpha\right)}\right]\times$$
$$\times\left(\frac{\exp\left[j\frac{2\pi}{\lambda}(h-(l+(n-1)d))(\cos\theta-k)\right]}{\cos\theta-k}-\right. \tag{11}$$
$$\left.-\frac{\exp\left[-j\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{h}{2}-(l+(n-1)d)\right)(\cos\theta-k)\right]}{\cos\theta-k}\right)dk,$$

$$\gamma_{nm}^{\phi}=\int\limits_{-\infty}^{\infty}\frac{H_m^{(2)}\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\alpha\right)}{\alpha\,\dot{H}_m^{(2)}\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\alpha\right)}\left(\frac{\exp\left[j\frac{2\pi}{\lambda}(h-(l+(n-1)d))(\cos\theta-k)\right]}{\cos\theta-k}-\right.$$
$$\left.\times\frac{\exp\left[-j\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{h}{2}-(l+(n-1)d)\right)(\cos\theta-k)\right]}{\cos\theta-k}\right)dk\,, \tag{12}$$

где $\alpha=\sqrt{1-k^2}$, $H_m^{(2)}(\ldots)$ – функция Ханкеля второго рода $m-$го порядка, $\dot{H}_m^{(2)}\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\alpha\right)$ – ее производная по переменной r в точке $r=a$.

2. Анализ ДН и КНД антенной решетки на поверхности цилиндра

С использованием (1) – (3), (9) – (11) проведен расчет нормированных ДН $F(\theta,\phi)=\left|\dot{F}(\theta,\phi)\right|\left[\max\limits_{\theta,\phi}\left|\dot{F}(\theta,\phi)\right|\right]^{-1}$ решеток из $N=3$ и $N=5$ элементов высотой $l_0/\lambda_0=0{,}1\ldots0{,}2$, расположенных с шагом $d/\lambda_0=0{,}5$ на цилиндре с электрической длиной $h/\lambda_0=18$ и электрическим радиусом $a/\lambda_0=1$, где λ_0 – фиксированная длина волны. Расчет выполнялся на персональном компьютере на базе процессора Intel Core i3-7020U с объемом оперативной памяти 4 Гб.

На рис. 1 сплошными линиями приведены нормированные ДН решеток из $N = 3$ (а, б) и $N = 5$ (в, г) элементов с электрической длиной $l_0/\lambda_0 = 0{,}1$ (а, в) и $l_0/\lambda_0 = 0{,}2$ (б, г) в меридиональной плоскости при $\lambda = \lambda_0$. На рис. 2 представлены аналогичные зависимости при $\lambda = \lambda_0/2$.

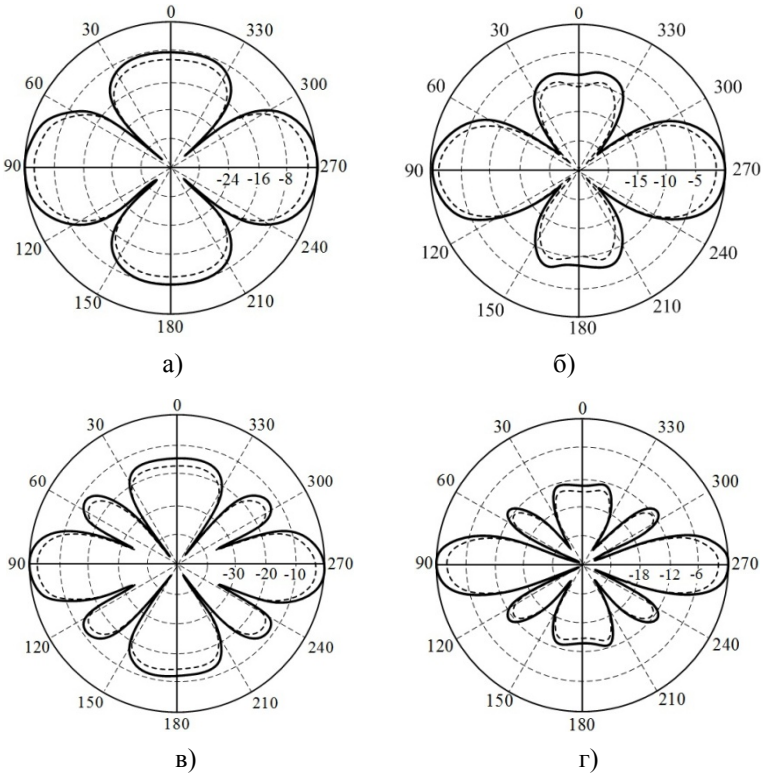


Рис. 1. Нормированные ДН антенной решетки на длине волны $\lambda = \lambda_0$

Из представленных зависимостей следует, что вследствие дифракции полей решеток на поверхности цилиндра их ДН в меридиональной плоскости имеют явно выраженный лепестковый характер. При этом решетка из $N = 5$ элементов в диапазоне длин волн с коэффициентом перекрытия 2 обладает частотно-независимыми свойствами, ее ДН незначительно изменяются при изменении частоты.

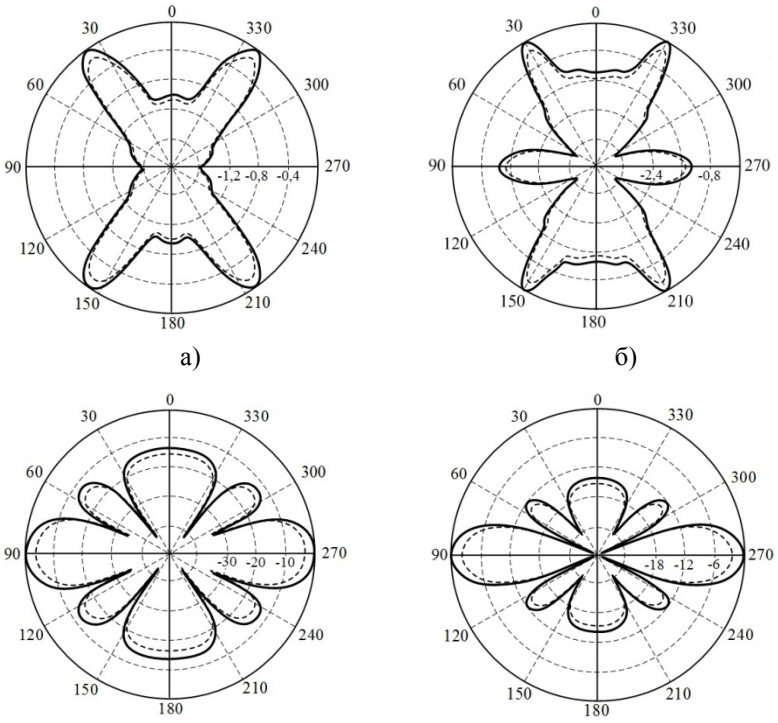


Рис. 2. ДН антенной решетки на длине волны $\lambda = \lambda_0/2$

Установлено, что КНД решетки с шагом $d/\lambda = 0{,}25$ при электрической длине элементарного электрического диполя $l_0/\lambda = 0{,}1$ составляет 1,7 дБ; при $l_0/\lambda = 0{,}2$ этот показатель достигает 2,3 дБ. При $d/\lambda = 0{,}5$ и $l_0/\lambda = 0{,}1$ величина КНД решетки составляет 2 дБ. При изменении относительного межэлементного расстояния с $d/\lambda = 0{,}25$ до $d/\lambda = 0{,}5$ КНД решетки из $N = 5$ элементарных электрических вибраторов с электрической длиной $l_0/\lambda = 0{,}1\ldots0{,}2$ возрастает с 2,1…2,2 дБ до 2,3…3 дБ.

В интересах проверки точности выполненных расчетов проведено сравнение ДН с результатами, полученными с применением пакета программ электродинамического моделирования CST MWS – Computer Simulation Technology Microwave Studio. При моделировании использовался персональный компьютер на базе процессора

Intel Core i7-8700 с объемом оперативной памяти 16 Гб. Время расчета ДН каждого варианта антенной решетки составляло порядка 5-6 часов.

Результаты расчетов ДН решеток элементарных электрических вибраторов на боковой поверхности цилиндра, полученные с применением пакета CST MWS, представлены на рис. 1 и 2 пунктиром.

Наблюдается качественное совпадение зависимостей, полученных на основе аналитических выражений (1) – (3), (9) – (12) и с применением пакета программ электродинамического моделирования.

Заключение

Таким образом, с использованием метода наведенных токов и аппроксимации их распределения на поверхности объекта с осевой симметрией рядами цилиндрических функций разработана модель и проведен анализ ДН и КНД решетки элементарных электрических вибраторов, расположенной на боковой поверхности круглого цилиндра конечной длины. Выполнена проверка точности расчетов ДН антенной решетки путем сравнения с результатами, полученными с применением пакета программ электродинамического моделирования CST MWS.

Список литературы

1. Шатраков Ю. Г. Самолетные антенные системы / Ю. Г. Шатраков, М. И. Ривкин, Б. Г. Цымбаев. – М. : Машиностроение, 1979. – 184 с.

2. Резников Г. Б. Антенны летательных аппаратов / Г. Б. Резников. – М. : Советское радио, 1967. – 416 с.

3. Шорохова Е. А. Излучение и дифракция электромагнитных волн в естественных и искусственных неоднородных материальных средах / Е. А. Шорохова : диссертация ... д-ра физ.-мат. наук: 01.04.03. Нижний Новгород : научно-исследовательский институт измерительных систем имени Ю. Е. Седакова, 2010. – 342 с.

4. Неганов В. А. Электродинамика и распространение радиоволн / В. А. Неганов, О. В. Осипов, С. Б. Раевский, Г. П. Яровой; под ред. В. А. Неганова и С. Б. Раевского. – М. : Радио и связь, 2004. – 648 с.

5. Kuehl H. H. Radiation from a radial electric dipole near a long finite circular cylinder / H. H. Kuehl // IRE Transaction. – 1961. – Vol. AP-9. – N 6. – P. 546-553.

6. Васильев Е. Н. Возбуждение тел вращения / Е. Н. Васильев. – М. : Радио и связь, 1987. – 271 с.

7. Разиньков С. Н. Моделирование и синтез решеток элементарных щелевых вибраторов на идеально проводящей полуплоскости / С. Н. Разиньков, А. В. Богословский // Вестник ВГТУ, 2012. – Т. 8. – № 1. – С. 108-112.

Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик БпЛА вертикального взлета и посадки ЯСТРЕБ-2

В. Г. Бондарев, email: dimkaao@yandex.ru,
Д. В. Лопаткин, И. В. Назенцев, С. В. Ипполитов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Произведены расчеты аэродинамических параметров беспилотного летательного аппарата (БпЛА) вертикального взлёта и посадки в программной среде XFLR5 с учетом массогабаритных требований. Расчёты позволяют определить, насколько правильно были выбраны профиль и геометрические характеристики крыла при создании модели.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, вертикальный взлёт и посадка, аэродинамика, поляра крыла.*

Введение

В современном мире использование малогабаритных БпЛА открывает возможность быстрого и дешёвого способа разведки и контроля труднодоступных участков местности, видео и фото съёмки для использования в геодезических работах и в случаях чрезвычайных ситуаций. Наибольшее распространение получили комплексы малогабаритных БпЛА.

Одной из перспективных конструкций БпЛА являются аппараты с вертикальным взлётом и посадкой, которые позволяют осуществлять взлёт и посадку с необорудованных участков местности. БпЛА такого типа позволяют существенно сэкономить время и средства на подготовку к запуску, а также время на выполнение поставленной задачи [1].

Разработка конструкции БпЛА невозможна без анализа его аэродинамических характеристик еще на ранних стадиях проектирования. От проработки формы несущих поверхностей и планера напрямую зависят летно-технические характеристики разрабатываемого летательного аппарата [1,2].

На практике такие данные получают путем сложных математических расчётов и экспериментальных исследований планера

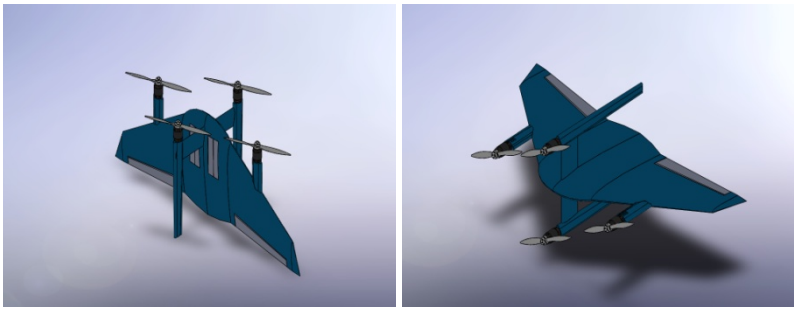
© Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Назенцев И. В., Ипполитов С. В., 2020

[1]. Однако эти исследования очень трудоемки и требуют значительных материальных и временных ресурсов. С целью получения требуемых данных с достаточной точностью и экономии средств были проведены полунатурные испытания в программной среде XFLR5.

1. Данные об объекте исследования

Общий вид БпЛА вертикального взлёта и посадки ЯСТРЕБ-2 представлен на рис.1 и состоит из четырех винтов, на основе бесколлекторных электроприводов и планера аэродинамической схемы «летающее крыло», на котором закреплены блок питания, полётный контроллер и приемник сигнала [1,3].

Преимуществом такого аппарата является повышение энергоэффективности, которая достигается за счет удержания БпЛА в воздухе не только благодаря тяге двигателей, но и подъёмной силы создаваемой планером БпЛА [1,4].



а б

Рис. 1. а – вертикальный взлет/посадка, б – горизонтальный полет

Трехмерные модели БпЛА ЯСТРЕБ-2

2. Расчет аэродинамических характеристик конвертоплана

При расчете ЛТХ БпЛА вертикального взлёта и посадки, а также его устойчивости и управляемости необходимо знать силы, действующие в полете на аппарат. Их можно разделить на силы, действующие (рис. 2) [1,2]:

1. в абсолютной (декартовой) системе координат OXYZ: сила тяжести G конвертоплана. приложенная в центре масс C;

2. в подвижной системе координат $CX_1Y_1Z_1$: силы, создаваемые винтами, приложенные в центре масс роторов A_1 - A_4, а также аэродинамические силы, действующие на поверхность крыла,

называемые силой лобового сопротивления Q_i, направленной в сторону, противоположную оси CX_1, и подъемной силой P_i направленной вдоль оси CZ_1, (рис.2) и, аналогично, аэродинамические силы, действующие на фюзеляж: $Q_ф$ и $P_ф$ [1,2].

Аэродинамические силы, действующие на поверхность крыла, могут быть выражены через безразмерные коэффициенты лобового сопротивления C_D и подъемной силы C_L. Из-за малости коэффициента боковой силы C_p аэродинамическую боковую силу Q_p при данном моделировании не учитываем [1,5].

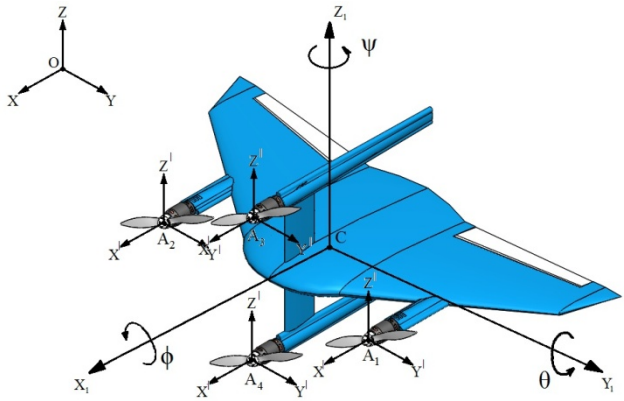


Рис. 2. Схема сил, действующих на конвертоплан в полете

Аэродинамические характеристики крыла зависят от геометрических параметров профиля крыла, ориентации крыла в потоке воздуха (угла атаки), параметров подобия и другие [1,5].

Выбор профиля крыла является одним из главных качественных показателей при изучении аэродинамических характеристик БпЛА. Для рассматриваемого летательного аппарата выбор профилей производился из серии симметричных, несимметричных и S-образных профилей классов NACA, Clark и Goe, которые при необходимости могут быть модифицированы на этапе эскизного проектирования (рис. 3). Данный выбор обусловлен тем, что профили предоставленных классов имеют незначительный вес и приемлемую толщину, максимальное время парения в воздухе, обладают наибольшей подъемной силой из всех стандартных серий, устойчивость при работе на низких и высоких значениях Re (ламинарный и турбулентный поток) [1,6].

а б в

Рис. 3. а – NACA 0012, б – Goe 746, в – Clark Y 11,7%

Исследуемые профили

Рассмотрим влияние выбранных профилей крыльев и стреловидной формы крыла на главный вектор аэродинамических сил. Выбор стреловидной формы крыла обусловлен тем, что оно имеет высокий коэффициент подъемной силы при малых углах атаки. Это позволяет уменьшить его габариты и массу. Для моделирования формы зададим геометрические параметры: корневую хорду (b_0), среднюю хорду ($b_{ср}$), концевую хорду ($b_к$), длину крыла ($l_{крыло}$) и угол стреловидности (χ^0) (рис.4) [1,7].

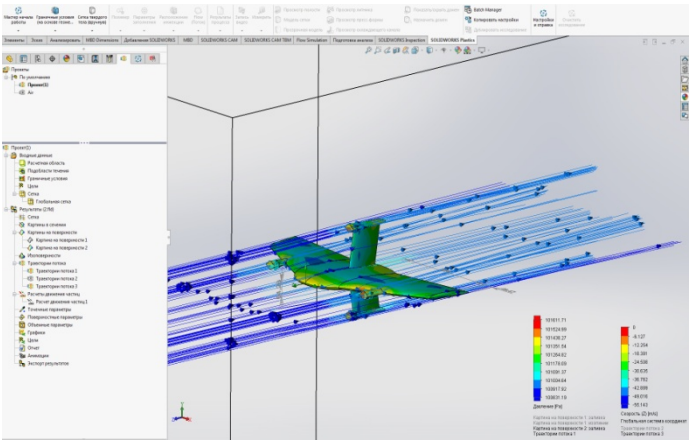


Рис. 4. Результаты моделирования

Далее определяем оптимальное соотношение параметров, обеспечивающих максимальное значение аэродинамического качества C_L/C_D от угла атаки α для различных видов профилей. Моделирование проводилось при параметрах: плотность воздуха p=1,225 кг/м^3, скорость встречного воздушного потока при V=50 м/с. Результаты моделирования приведены на рис. 5 [1,2].

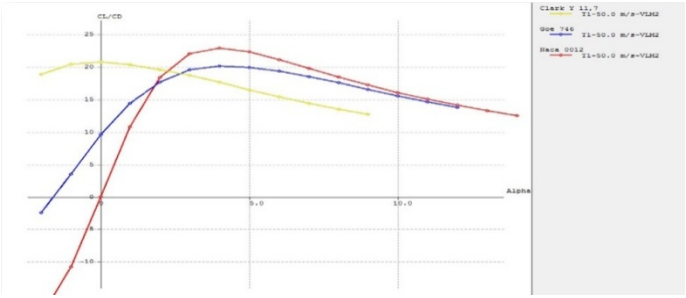


Рис. 5. График зависимости C_L/C_D от α при использовании профилей

Далее рассчитываем аэродинамическую подъемную силу P и силу лобового сопротивления Q для прямоугольной формы крыла и различных профилей [1,3].

Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица

Аэродинамические параметры крыла

Профиль	Наилучший угол атаки, ^{o}	C_L	C_D	P, H	Q, H
NACA 0012	4,00	0,29	0,012	162	6,7
Clark-Y 11,7%	0,00	0,375	0,018	213	10,6
Goe 746	4,00	0,36	0,018	215	10,8

По результатам моделирования выбираем профиль NACA 0012.

Медленный рост подъемной силы, в зависимости от угла атаки, обеспечивает устойчивость к турбулентности потока воздуха. Диапазон углов атаки, обеспечивающий устойчивый полет, составляет 2…5° [1,2].

Заключение

В результате проведенных исследований предложена конструкция конвертоплана, учитывающая оптимальные геометрические параметры крыльев, которые отвечают необходимым аэродинамическим характеристикам и обеспечивают повышенную маневренность, скоростные характеристики данной конструкции. С помощью программной среды XFLR5 определены коэффициенты подъемной силы и силы сопротивления, которые позволят определить параметры винтов и электродвигателей конвертоплана [1,3].

Список литературы

1. Бондарев В. Г. Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик конвертоплана СОМ-93 /, С.В. Ипполитов, Д.В Лопаткин, Д. С. Монгуш // XVII Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы», 14-15 февр. 2019 г.. – Воронеж: ВГУ, 2019. – Т. II. – С. 306-311.

2. Желанников А.И. Аэромеханика / А.И. Желанников // М.: Наука, 2007. – С.81-96.

3. Павловский В. Е. Математическое моделирование робота с переменным вектором тяги / С. Ф Яцун, О. В Емельянова, С. П. Стуканева // Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта (БТС-ИИ-2015): труды 2-го Всеросс. научно-практ. семинара. – СПб.: Политехника сервис. 2015. – С. 99-106.

4. Афанасьев П.П., Голубев И. С., Новиков В. Н. и др. Беспилотные летательные аппараты. – М.: МАИ. 2008. – 650 с.

5. Сайт Airfoil Tools [Электронный ресурс]. URL: http://airfoiltools.com/search/index

6. Динамика полета / под ред. Г. С. Бюшгенса – М.: Машиностроение. 2011. – 776 с.

7. Сайт Airfoil Tools [Электронный ресурс]. URL: http://airfoiltools.com/search/index

Полунатурная модель системы электроснабжения постоянного тока воздушного судна в среде имитационного моделирования Matlab/Simulink

А. С. Бочаров, email: bocharov_a_s@mail.ru
И. А. Болобин
А. А. Шипилов

ВУНЦ ВВС «ВВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматривается один из подходов к реализации полунатурной модели электроэнергетического комплекса воздушного судна. Имитационная модель электроэнергетического комплекса самолета, выполненная в программной среде Matlab/Simulink, дополнена реальными блоками из состава системы электроснабжения постоянного тока. Управление режимами работы полунатурной модели осуществлено на основе микропроцессорной схемы через интерактивный интерфейс в программе Simulink.*

Ключевые слова: *Электроэнергетический комплекс, самолет, имитационная модель, Matlab/Simulink.*

Введение

Повышение достоверности моделирования сложных технических систем, таких как электроэнергетический комплекса (ЭЭК) самолета, требует применения высокоточных описательных моделей элементов, входящих в эту систему. Невозможно получить модель, учитывающую все особенности реального элемента, поэтому при проектировании сложных устройств широко применяется метод полунатурного моделирования [1].

Разработка полунатурной модели системы электроснабжения (СЭС) самолета позволит в полной мере получать представление о процессах, происходящих в ней и предоставит возможность исследования реального оборудования в нормальных и аварийных режимах работы как отдельных, так и взаимодействующих друг с другом в совокупности элементов во время функционирования. Полунатурное моделирование обеспечивает наглядность модели, упрощает и, в некоторой степени, способствует качественному проведению исследований показателей качества электроэнергии (ПКЭ),

© Бочаров А. С., Болобин И. А., Шипилов А. А., 2020

позволяет оценить их влияние на бортовое оборудование с целью оптимизации ЭЭК для улучшения боевых, эксплуатационных и тактико-технических характеристик самолета в целом.

1. Постановка задачи исследований

В работе необходимо на основе, разработанной ранее в среде Matlab/Simulink [2] имитационной модели ЭЭК самолета, рис. 1, которая описана в [3, 4], спроектировать полунатурную модель ЭЭК, добавив в имитационную модель реальные блоки самолета.

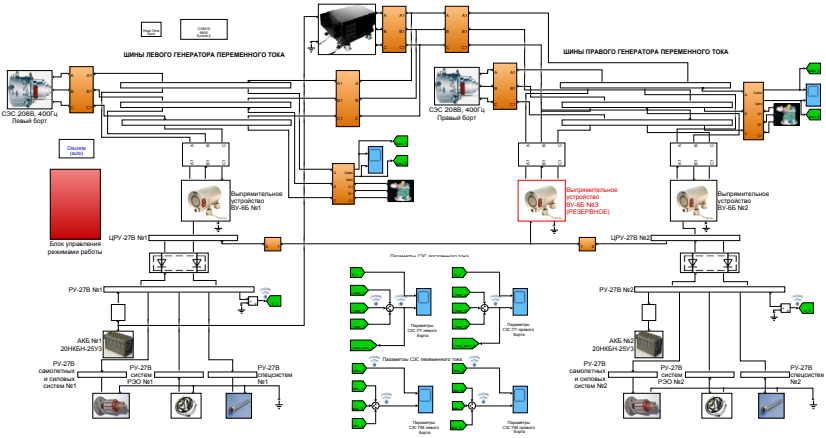


Рис. 1. Имитационная модель СЭС СУ-30СМ

При решении данной задачи ограничимся полунатурным моделированием СЭС постоянного тока 27В для одного источника этого типа напряжения.

2. Решение задачи исследований

Основным элементом СЭС постоянного тока самолета является выпрямительное устройство ВУ-6Б. В состав имитационной модели ЭЭК входят три выпрямительных устройства, первое и второе обеспечивают питанием приемники электроэнергии постоянного тока левого и правого борта соответственно, а третье выпрямительное устройство является аварийным, включаясь в работу при отказе основных выпрямителей согласно заложенному алгоритму функционирования, который реализован в имитационной модели ЭЭК самолета.

Структурная схема полунатурной модели приведена на рис. 2. Одно из выпрямительных устройств, а именно ВУ-6Б №1 дублировано

реальным выпрямителем, то есть параллельно с работой реального выпрямительного устройства в имитационной части работает имитационная модель этого же устройства. Это дает возможность, после завершения цикла симуляций рабочего процесса, сравнить полученные результаты реального объекта с его математической моделью, которая является идеальной, конечно с рядом допущений [3].

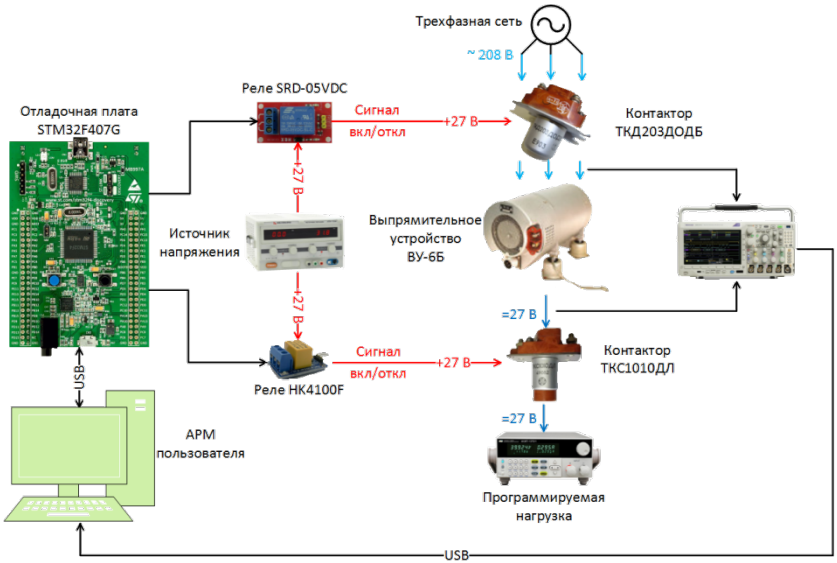


Рис. 2. Структурная схема полунатурной модели части СЭС постоянного тока

На первом этапе планируется реализовать имитацию выхода из строя одного из выпрямительных устройств и исследовать реакцию СЭС на переключение нагрузки. В разрабатываемой модели отключение выпрямительного устройства от сети переменного тока 208 В 400 Гц осуществляется контактором ТКД203ДОДБ, которое в свою очередь управляется с помощью модуля на реле SRD-05VDC. Для исследования реакции системы на переключение программируемой нагрузки, которая имитирует работу приемников электроэнергии на борту самолета, используется модуль на реле HK4100F. В качестве системы управления используется отладочная плата на микроконтроллере STM32F407G под управлением программы, написанной на языке Си с использованием библиотеки HAL.

Выбор режима функционирования ЭЭК на нормальный или аварийный, т.е. сигнал на замыкание или размыкание реле, подается оператором при запущенной имитационной модели через переключатели на интерактивном интерфейсе пользователя имитационной модели ЭЭК, внешний вид которой приведен на рис. 3.

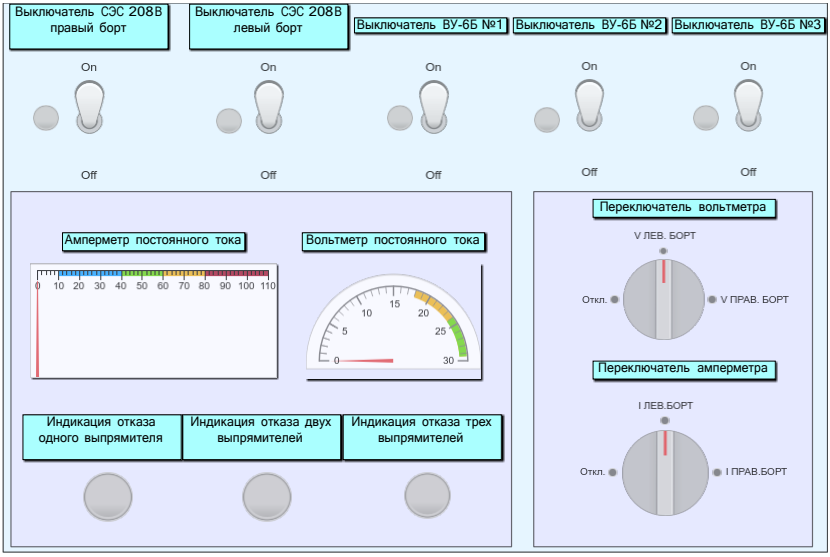


Рис. 3. Интерактивный интерфейс пользователя имитационной модели ЭЭК

Использование интерфейса пользователя позволяет провести:

1. Исследование ЭЭК в нормальных условиях эксплуатации.
2. Исследование ЭЭК в аварийных режимах эксплуатации:

- отключение, т.е. неисправность последовательно или одновременно основных источников электроэнергии с переводом потребителей на резервное электропитание;
- отключение (неисправность) одновременно основных и резервных источников электроэнергии и перевод приемников на питание от аварийных источников.

Контроль напряжений и токов в контрольных точках осуществляется с помощью цифровых осциллографов. Данные о напряжениях и токах планируется передавать с цифрового осциллографа в имитационную модель через интерфейс USB. Передача данных между имитационной моделью и отладочной платой осуществляется также

через интерфейс USB, который настроен в качестве виртуального последовательного порта. Настройка последовательного порта на стороне имитационной модели осуществляется с помощью блока, входящего в библиотеку Instrument Control Toolbox программы Simulink, внешний вид которого представлен на рис. 4.

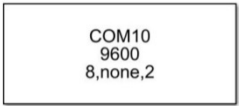


Рис. 4. Блок настройки последовательного порта

С помощью данного блока выбирается порт и настраивается скорость передачи. За передачу данных из модели отвечает отдельный блок Serial Send, представленный на рис. 5.

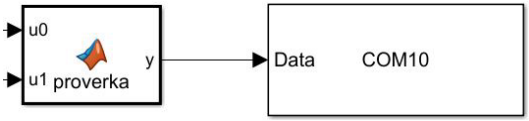


Рис. 5. Блок передачи данных

С помощью блока «proverka» осуществляется преобразование данных, в формат, необходимый для их чтения и обработки микроконтроллером и выбор отключаемого реле. Управление реле осуществляется от интерактивного интерфейса в имитационной модели. Все выполняемые процессы в полунатурной модели сопровождаются световой индикацией.

При работе с имитационной моделью ЭЭК оператор с помощью интерактивного интерфейса пользователя может вводить поочередные отказы, например источников постоянного тока ВУ №1, №2 и №3, при этом моменты переключения отображаются на графиках виртуальных осциллографов, при этом имеется возможность:

- оценить соответствие показателей КЭЭ исследуемого ЭЭК ГОСТам при функционировании комплекса как в нормальных режимах работы, так и в аварийных (например, длительность перерывов в питании, амплитуда импульсов при переключении источников ЭЭ и др.);
- проанализировав полученные результаты, выработать предложения в конструкторские бюро и научно-исследовательские организации по изменению конфигурации СЭС самолета или параметров ее элементов для повышения качества электроэнергии и разработке перспективной СЭС с улучшенными характеристиками.

Заключение

Разработанный программный комплекс с полунатурной моделью может использоваться:

- в учебном процессе обучающимися и преподавателями для наглядного изучения состава и принципов функционирования ЭЭК современных самолетов; программное обеспечение Matlab\Simulink позволяет на основе разработанного программного комплекса, после небольших доработок, создать подобные имитационные модели для других типов воздушных судов;

- в научно-исследовательском процессе для специалистов промышленных и научно-исследовательских организаций, занимающихся проектированием и исследованием ЭЭК самолетов и вертолетов.

Список литературы

1. Мережин, Н. И. Стенд для аналого-цифрового моделирования с использованием адаптивных схем сшивания // Матер. междун. научн. конф. «Методы и алгоритмы принятия эффективных решений». Ч. 2. – Таганрог: Изд-во ТТИЮФУ, 2009. – С. 47-51.
2. Дьяконов, В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.
3. Аббясов, И. В. Исследование аварийных режимов работы системы электроснабжения постоянного тока самолета с помощью среды визуального имитационного моделирования SIMULINK / И. В. Аббясов, А. С. Бочаров; под общ. ред. В. А. Немтинова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс]: материалы IV Международной НПК: в 3 т.; Т. 2. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4. – С. 158-164.
4. Бочаров, А. С. Имитационное моделирование функционирования электрифицированных систем самолетов в среде Simulink / А. С. Бочаров, И. В. Шаров, А. А. Шипилов // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: труды международной молодежной научной школы. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2018. – С. 184-187.

Модели оценки прозрачности атмосферы для целей метеорологического обеспечения государственной авиации

Д.В. Булгин[1], А.А. Ведерников[1], К.А. Зубрилин[1]
E-mail: d.bulgin77@yandex.ru,

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье предлагается методика прогнозирования метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облачности как основных параметров атмосферы для поддержки принятия метеозависимых решений при метеорологическом обеспечении полетов государственной авиации.*

Ключевые слова: *Прозрачность атмосферы, высота нижней границы облачности, метеорологическая дальность видимости.*

Введение

В настоящее время метеорологические условия оказывают существенное влияние на производство полетов авиации. По данным Международной организации гражданской авиации из общего количества авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными условиями погоды, 62% были вызваны ухудшением полетной видимости и понижением высоты нижней границы облаков (ВНГО) 11%. Около 56% авиационных происшествий имели место при выполнении взлета и посадки самолета в холодный период года [2]. Таким образом, ограниченная видимость и высота нижней границы облаков оказывают наиболее существенное влияние на безопасность выполнения полетов. Поэтому, целью работы является повышение качества метеорологического обеспечения авиации путем разработки нового способа прогноза метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облаков, как основных факторов, определяющих степень сложности метеорологических условий, основанного на использовании линейной регрессии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ влияния высоты нижней границы облаков и метеорологический дальности видимости на полеты авиации в различных типовых синоптических ситуациях.

©Булгин Д.В., Ведерников А.А., Зубрилин К.А 2020

2. Построить прогностические уравнения регрессии для прогноза метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облаков.

3. Оценить эффективность полученных прогностических уравнений регрессии.

Архивная выборка была составлена на основе метеорологических наблюдений в городе Воронеж за 2010-2015 годы и составила 300 случаев. В качестве предиктанта взята метеорологическая дальность видимости за 09 часов, в качестве предикторов взяты фактические значения температуры воздуха, температуры точки россы, скорости ветра, высоты нижней границы облаков для прогноза метеорологической дальности видимости, и дальности видимости за 21 час предыдущих суток.

С целью составления предварительного перечня предикторов с помощью пакета анализа в Microsoft Excel была получена матрица парных коэффициентов корреляции для оценки тесноты линейной связи между предиктантом и предикторами.

Таким образом, в ходе процедуры отбора было получено прогностическое уравнение для расчета значений метеорологической дальности видимости:

$$S_0 = b_0 + b_1 H + b_2 T + b_3 Td + b_4 ff \ , \qquad (1)$$

где: H – высота нижней границы облачности, м; T – температура воздуха, ºС; Td – точка росы, ºС; ff – скорость ветра, м/с., ($b_0..b_4$) – коэффициенты.

Далее на основе фактических данных, взятых из дневников погоды и приземных карт погоды были определены значения коэффициентов (b0..b4) для расчета метеорологической дальности видимости в типовых синоптических ситуациях для зимнего периода года (табл. 1).

Аналогично, с помощью программы Microsoft Excel были составлены уравнения регрессии с рассматриваемыми предикторами и выбрано лучшее уравнение для расчета значений высоты нижней границы облаков.

$$H = a_0 + a_1 T + a_2 Td + a_3 ff \ , \qquad (2)$$

где: T – температура воздуха, ºС; Td – точка росы, ºС; ff – скорость ветра, м/с.

Значения коэффициентов $a_0..a_3$, полученного регрессионного уравнения для различных типовых синоптических ситуаций в зимний период года представлены в табл. 2.

Таблица 1

Значения коэффициентов (b0..b4) для расчета метеорологической дальности видимости в зимний период

Синоптическая ситуация	Коэффициенты для МДВ				
	b0	b1	b2	b3	b4
Тыл Zn	1394	10.94	112.19	105.09	104.79
Перед. часть Zn	1653	14.34	119.21	117.57	98.99
Тепл. сектор Zn	1232	13.02	123.29	158.45	106.05
Центр Zn	1085	13.32	154.84	153.87	111.18
Зап. периф. Az	891	5,63	69,39	72,49	173,43
Центр Az	378	6,91	256,69	280,05	60,42
Вост. периф. Az	451	4,36	284,36	279,19	109,32

Таблица 2

Значения коэффициентов (a1..a3) для расчета высоты нижней границы облаков в зимний период

Синоптическая ситуация	Коэффициенты для ВНГО			
	a0	a1	a2	a3
Тыл Zn	691	26,50	25,53	78,01
Перед. часть Zn	994	19,50	19,94	77,89
Тепл. сектор Zn	713	5,04	6,11	41,25
Центр Zn	753	6,71	7,71	39,79
Зап. периф. Az	489	39,05	38,35	20,85
Центр Az	208	14,29	19,95	10,58
Вост. периф. Az	342	-21,17	-23,43	15,44

Оценка качества полученных уравнений для расчета ВНГО и МДВ проведена по контрольной выборке, составленной по территории Воронежской области с 2010 по 2015 год. Общее число случаев в выборке – 600.

Значения полученных критериев успешности для прогноза высоты нижней границы облаков и метеорологической дальности видимости представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Значения критериев успешности (R, σ, η) для расчета высоты нижней границы облаков в зимний период

Синоптическая ситуация	Критерии успешности			Число случаев в выборке	
	R	σ, м.	η, м.	Обучающая	Контрольн.
Тыл Zn	0,89	351,3	279,1	52	30
Перед. часть Zn	0,73	1105,4	880,3	60	25
Тепл. сектор Zn	0,85	471,4	391,5	59	28
Центр Zn	0,86	391,4	312,1	55	30
Зап. периф. Az	0,75	1363,1	1054,6	55	28
Гребень Az	0,79	912,0	629,1	60	32
Вост. периф. Az	0,76	1463,1	1154,6	59	27

Таблица 4

Значения критериев успешности (R, σ, η) для расчета метеорологической дальности видимости в зимний период

Синоптическая ситуация	Критерии успешности			Число случаев в выборке	
	R	σ, м.	η, м.	Обучающая	Контрольн.
Тыл Zn	0,89	351,3	279,1	52	30
Перед. часть Zn	0,73	1105,4	880,3	60	25
Тепл. сектор Zn	0,85	471,4	391,5	59	28
Центр Zn	0,86	391,4	312,1	55	30
Зап. периф. Az	0,75	1363,1	1054,6	55	28
Гребень Az	0,79	912,0	629,1	60	32
Вост. периф. Az	0,76	1463,1	1154,6	59	27

Анализ достоверности расчетов высоты нижней границы облачности и метеорологической дальности видимости по критериям успешности позволяет сделать вывод о возможности их использования при метеорологическом обеспечении полетов государственной авиации.

Заключение

На основании полученных результатов можно предложить данную методику для практического использования в метеорологических подразделениях государственной авиации при метеорологическом

обеспечении полетов. В регионах с другими физико-географическими и климатическими условиями предложенную методику можно использовать после дополнительной апробации.

Список литературы

1. Шаранов А.Ю. Влияние метеорологических условий на безопасность полетов по данным ИКАО/ А.Ю.Шаранов. – В кн.: Влияние внешней среды на безопасность полетов и вопросы взаимодействия локальных факторов на ее состояние. Межвузовский тематический сборник научных трудов. – Л.: Изд. ОЛАГА, 1985. - С. 89 – 91.

2. Скирда И.А., Ульшин И.И., Мартьяшкин А.Б. Авиационные прогнозы погоды. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. 475 с.

3. Ульшин И.И. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 186 с.

4. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. – М.: Воениздат, 1992.ГОСТ Р 51275-2006. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 7 с.

Компьютерная модель многоканального сообщения с частотным разделением каналов

Р.И. Буров, e-mail: bri555@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»

Аннотация. *На основе методов статистической радиотехники разработана компьютерная модель многоканального сообщения с частотным разделением каналов для визуализации сложных физических процессов, происходящих при передаче информации в многоканальных системах.*

Ключевые слова: *образовательный контент, многоканальные системы, частотное разделение каналов.*

Введение

В настоящее время практически все современные системы связи, за редким исключением, являются многоканальными и/или многостанционными [1]. В этих условиях изучение принципов построения таких систем, а также исследование особенностей их функционирования, является неотъемлемой частью при обучении специалистов радиоинженерных специальностей.

С точки зрения экономической целесообразности наиболее перспективным вариантом является разработка компьютерной модели, так как не требует дополнительных затрат на новую измерительную аппаратуру и изготовление элементной базы. При этом компьютерный подход обеспечивает высокую степень наглядности и простоты применения [2]. Для работы с компьютерной моделью достаточно иметь начальные навыки работы на компьютере, которыми в настоящее время обладает практически каждый.

Разработка модели

Исходя из вышеперечисленного к разрабатываемой модели предъявляются следующие требования [3]:

- адекватность модели реальным физическим процессам, происходящим при частотном уплотнении каналов и формировании многоканального (группового) сигнала;
- возможность гибкого изменения исходных данных;
- достаточная степень наглядности;
- не требующий специальных навыков интерфейс;

© Буров Р.И., 2020

- возможность последующего усовершенствования модели.

При построении компьютерной модели многоканального сообщения (МНКС) с частотным разделением каналов (ЧРК) в среде моделирования MathCAD [4] была разработана совокупность логически связанных процедур и подпрограмм, объединенных в структурно-логическую схему (рис. 1).

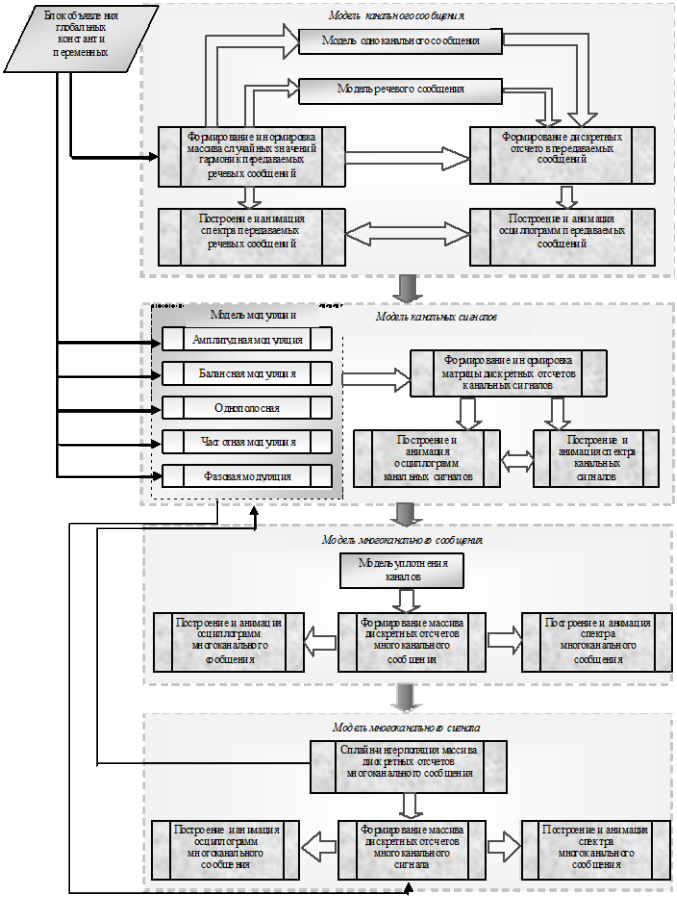


Рис. 1. Структурно-логическая схема компьютерной модели

Представленная схема иллюстрирует взаимосвязи логических элементов разработанной модели, каждый из которых, в свою очередь, также является совокупностью логически связанных процедур и

подпрограмм. Так, например, модель канального сообщения состоит из моделей речевого и одноканального сообщений, а также процедур построения и анимации спектра и временного представления передаваемых сообщений и процедуры формирования и нормировки массива значений случайных амплитуд гармоник передаваемых сообщений для каждого канала.

В качестве примера программного кода указанных процедур и функций, на рис. 2 представлен фрагмент листинга модели канальных сообщений.

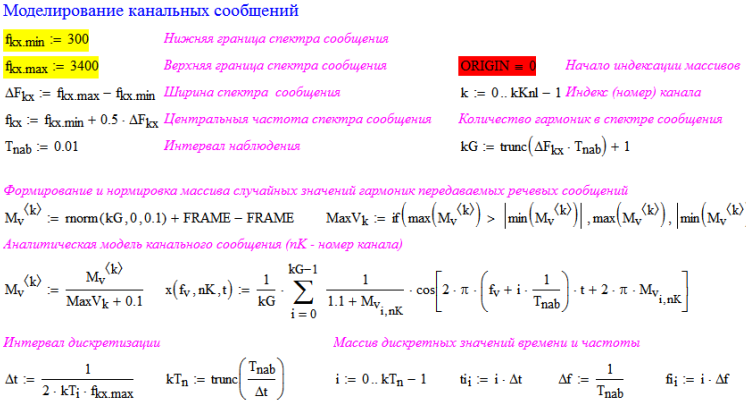


Рис. 2. Фрагмент листинга модели канальных сигналов

Практическое применение разработанной модели многоканального сообщения с частотным разделением каналов имеет несколько направлений. В качестве первого из них можно выделить использование результатов моделирования при проведении лабораторных работ, практических занятий и семинаров по радиотехническим дисциплинам в качестве дополнительного материала, наглядно иллюстрирующего принципы формирования сигналов с различными видами первичной аналоговой модуляции.

Для примера на рис. 3 представлены осциллограммы (слева) и амплитудные спектры (справа) однополосно-модулированных (ОМ) сигналов в первых трех каналах. На осциллограммах для каждого канала показаны временные представления первичных (речевых) сигналов (толстые линии) и образованные из них разнесением по частоте канальные ОМ-сигналы. Спектры канальных сигналов представлены своей амплитудно-частотной характеристикой в полосе частот стандартного телефонного канала (от 0.3 до 3.4кГц), их

количество для демонстрации может быть оперативно увеличено и ограничивается только производительностью компьютера. Спектры канальных сигналов могут быть представлены и фазо-частотной характеристикой. При этом для иллюстрации изменения осциллограмм и спектров канальных сигналов в процессе передачи сообщения в представленной модели предусмотрена возможность анимации этих графиков и демонстрации сформированных роликов, показывающих динамику этих изменений.

Вторым направлением практического применения разработанной модели является возможность обеспечить расчет и исследование периодических и корреляционных свойств многоканального сообщения с частотным разделением каналов. Например, на рис. 4 представлена осциллограмма и амплитудный спектр многоканального сообщения, состоящего из 5 канальных ОМ-сигналов, разнесенных по частоте.

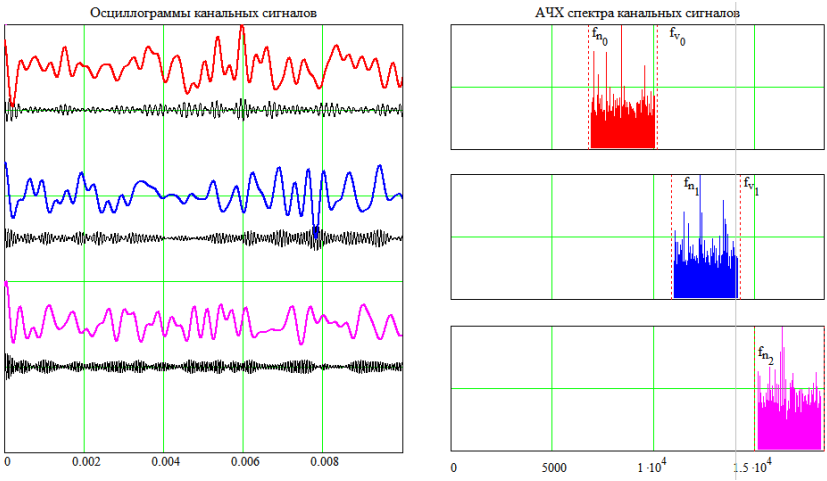


Рис. 3. Осциллограммы и АЧХ спектра канальных ОМ-сигналов

В качестве третьего из возможных направлений практического применения рассматриваемой модели может служить ее использование как одного из основных элементов при разработке подобных моделей многостанционных и многоканальных систем, использующих такие же сигналы для организации доступа или уплотнения каналов. Например, на рис. 5 представлена осциллограмма и АЧХ спектра многоканального (группового) сигнала, полученного путем частотной модуляции общей несущей выше представленным многоканальным сообщением.

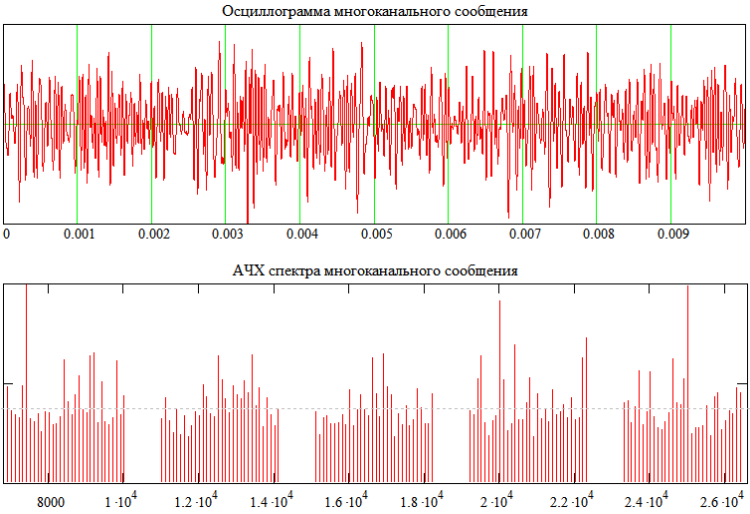


Рис. 4. Осциллограмма и АЧХ спектра МНКС с ЧРК

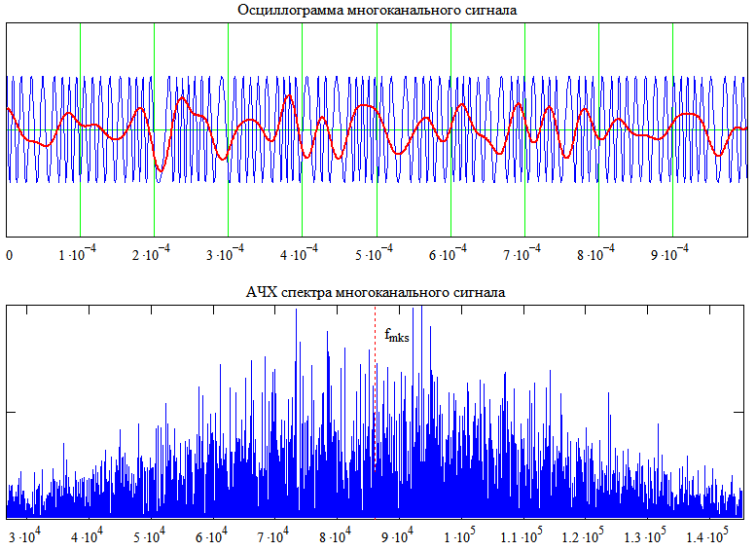


Рис. 5. Осциллограмма и АЧХ спектра многоканального сигнала

Заключение

Таким образом, представленная компьютерная модель многоканального сообщения с частотным разделением каналов позволяет построить в виде графиков осциллограммы, амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики спектров канальных сообщений, канальных сигналов, многоканального сообщения и многоканального сигнала с различными видами первичной и вторичной модуляции. При этом в модели предусмотрена возможность создания анимационных роликов [5] для любого из отображаемых графиков, что обеспечивает визуализацию сложных физических процессов, происходящих при передаче информации в многоканальных системах с частотным разделением каналов.

Список литературы

1. Гаранин, М.В. Системы и сети передачи информации / М.В. Гаранин. – М.: Радио и связь, 2001. – 333 с.
2. Брайтант, Р. Компьютерные системы: архитектура и программирование / Р. Брайтант. – Спб.: БХВ-Петербург, 2010. –1104с.
3. Петров, Ю.М. Обеспечение достоверности и надежности компьютерных расчетов / Ю.М. Петров. – Спб.: БХВ-Петербург, 2010. – 160с.
4. Гурский, Д.А. Вычисления в MathCad / Д.А. Гурский. – Спб.: Питер, 2006. –544с.
5. Очков, В.Ф. MathCad 14 для студентов и инженеров / В.Ф. Очков. – Спб.: БХВ-Петербург, 2009. –512с.

Вейвлет-анализ динаимческой модели NDVI для зерновых культур

А.Г. Буховец, e-mail: abuhovets@mail.ru
Е. А. Семин, e-mail: 113ghz@mail.ru
М.В. Кучеренко, e-mail: kucba021@mail.ru

Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I

Аннотация. *Цель данной работы заключается в установлении связи значений NDVI с фазами органогенеза озимой пшеницы и теоретическом обосновании характера кривой вегетационного индекса. Проводится вейвлет-анализ кривой NDVI, который позволит в дальнейшем установить сходство между кривыми, соответствующими различным урожайностям.*

Ключевые слова: *вегетационный индекс NDVI, моделирование биологических процессов, вейвлет-анализ.*

Вегетационный индекс NDVI позволяет оценивать состояния зеленой массы посевов [8, 13]. Он получается в результате космической съемки аппарата MODIS в различных частях спектра посевов зерновых культур [10]. Предложенная нами модель динамики вегетационного индекса [3] опиралась на эмпирические данные 2017-2018 гг. и носила фенологический характер, т.е. строилась без привлечения теоретических предпосылок.

Индекс NDVI позволяет отслеживать динамику накопления фитомассы в течение вегетационного периода и основан на анализе отражательной способности растительности в различных областях спектра, определяемой наличием различных пигментов, содержанием воды, структуры листьев [9]. Благодаря тому, что спектр меняется с течением времени в зависимости от фазы развития биологического вида, состояния окружающей среды и т.д., он может быть использован при решении задач оценки состояния растительности, а также качества зерна [5].

Динамическая модель NDVI индекса [2] может быть представлена в следующем виде

$$Y(t) = C \cdot t^{b} \cdot e^{-at} \qquad (1)$$

© Буховец А.Г., Семин Е.А., Кучеренко М.В., 2020

где $Y(t)$ – значение индекса в момент времени t; параметр a характеризует скорость убывания значений вегетационного индекса и связан с нарастанием пластической массы на поздних этапах органогенеза; b – параметр, связанный со скоростью роста зеленой массы и характеризующий увеличение значений индекса в первой половине органогенеза; C – нормирующий коэффициент.

Однако, ввиду проведенной операции нормирования в формуле, определяющей числовые значения вегетационного индекса, этот индекс, как показала практика, не обладает достаточными свойствами для прогнозирования абсолютных значений урожайности и отражает только относительные значения, которые будут «подобными» в случае различных абсолютных величин.

Наличие такого свойства вегетационного индекса создает определенные трудности при использовании его в задачах прогнозирования таких показателей, как, например, урожайность. Это факт находит свое подтверждение в результатах обработки данных динамических характеристик NDVI [3]. Фактически, эти результаты показывают, что посевы озимой пшеницы демонстрируют видовое поведение и независимо от урожайности и других характеристик вегетации имеют примерно близкие значения). С точки зрения оценки развития растения озимой пшеницы в локально близких районах демонстрируют примерно одинаковый характер поведения индекса NDVI

В качестве примера рассмотрим следующие данные, представленные графически на рис.1.

Значения параметров модели, полученные с помощью метода наименьших квадратов в логарифмических координатах, представлены в таблице.

Таблица

Результаты оценки параметров динамической функции NDVI

Regression Summary for Dependent Variable: LN_Z (НОВАЯ Модель_6klass_med_3) R= ,87233217 R?= ,76096342 Adjusted R?= ,74104371 F(2,24)=38,202 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(24)	p-level
Intercept			-28,2932	4,35672	-6,49416	0,000001
DAY	-6,66775	1,164034	-0,0406	0,007081	-5,72814	0,000007
LN_DAY	7,30211	1,164034	6,8046	1,084728	6,2731	0,000002

Уравнение полученной кривой $Y(t) = C \cdot t^b \cdot e^{-at}$, где значения коэффициентов $C =$ 28,2932, $a =$ 0,0406, $b =$ 6,8046 представлены выше.

Как показали результаты исследований, поскольку значения вегетационного индекса нормируются на единицу ($|NDVI|<1$), для всех посевов, то используя абсолютные значения индекса трудно получить надежные прогнозные значения урожайности [4, 6].

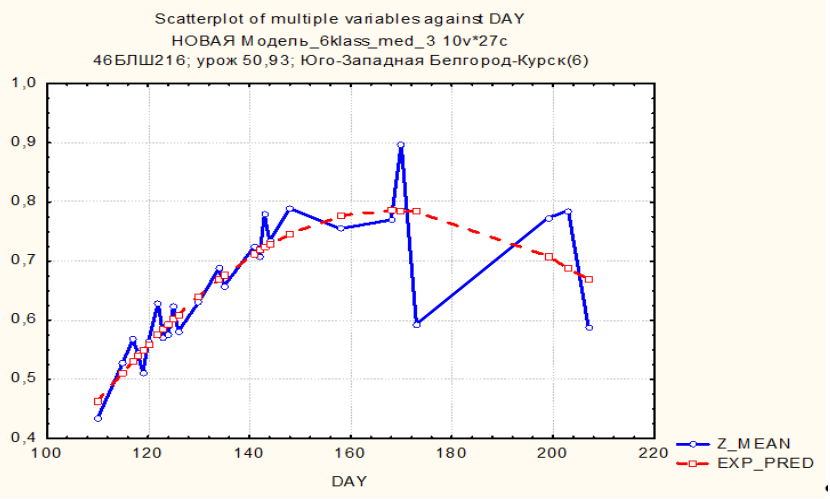


Рис. 1. График исходных данных и расчетной модели динамической функции NDVI

В связи с этим было выдвинуто предположение, что если разложить функцию $Y(t)$ по некоторой системе независимых в пространстве L^2 функций $\{\varphi_n(t)\}$, т.е. представить в виде

$$Y(t)=\sum_{n=1}^{K} c_n\varphi_n(t) \qquad (2)$$

то полученная информация, представленная в виде коэффициентов разложения, может позволить различить поля с разными типами урожайности. Практически это означает, что каждая фаза органогенеза будет характеризоваться своей, только ей присущей функцией, но при этом все такие функции будут аддитивно входить в функцию $Y(t)$, описывающую поведение NDVI. Для решения поставленной задачи предлагается использовать математический аппарат вейвлет-преобразований [7].

Мотивация выбора до некоторой степени объясняется тем, что в ходе рассмотрения процесса развития зерновых культур, и в частности, озимой пшеницы, выделяют определенные этапы органогенеза [1, 12], которые можно до некоторой степени представить как масштабируемые копии общей картины развития растений. Работать с исходными данными затруднительно ввиду их нерегулярностей, возникающих в ходе космической съемки и вызванных главным образом облачностью и другими атмосферными помехами. Поэтому была использованы динамическая модель, позволяющая интерполировать имеющиеся эмпирические данные и получать за счет дискретизации набор регулярных данных. Кроме этого, следует принять во внимание тот факт, что как следует из источников [1, 11], процесс преобразования хлорофилла в растениях (пшеницы) протекает по следующей схеме. В течение дня хлорофилл создается и, соответственно, значения NDVI увеличиваются, а в ночное время идет «переход» хлорофилла в пластические вещества и значения NDVI, соответственно падает. Схематично такой процесс можно представить в виде функции Хаара.

Причем функция

$$\Psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t \le 1/2 \\ -1, & 1/2 \le t \le 1 \\ 0, & \textit{в остальных случаях} \end{cases}$$

будет выступать в роли порождающей (scaling function) или материнской функцией. Остальные вейвлет-функции, образующие базис, будут удовлетворять функциональному уравнению

$$\psi_{k,j}(t) = (2)^{k/2}\Psi\left(2^k t - j\right), (j = 0,2,\ldots,2^k - 1) \qquad (3)$$

Фазы органогенеза будем рассматривать как некоторые временные отрезки, на которых определены базисные функции $\{\psi_{i,j}(t) : i = 1,2,...,K\}$. Ввиду ограниченности фаз органогенеза будем представлять их функциями на компактном носителе, представляющими базисные функции некоторого функционального пространства.

В (2) коэффициенты разложения характеризуют относительную интенсивность каждого этапа органогенеза. Они вычисляются как скалярное произведение базисных функций и анализируемой функции $Y(t)$.

Будем предполагать, что каждая фаза органогенеза в своем развитии (с учетом статистического характера и эргодичности процесса) может быть представлена одной из вейвлет – функций, которые будем

обозначать через $\{\psi_{k,j}(t)\}$. Тогда наблюдаемая кривая динамики NDVI будет представлять сумму линейную комбинацию этих базисных функций кривых. Результаты проведенных вычислений представлены на рис. 2.

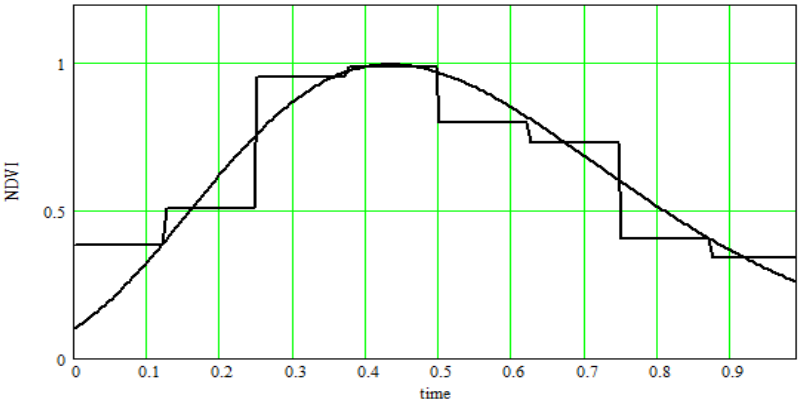


Рис. 2. Результаты аппроксимации динамической функции NDVI с помощью системы Хаара.

Заметим, что предварительно было выполнено приведение временного интервале к единичному отрезку. Визуально можно наблюдать удовлетворительное совпадение полученных в ходе вычислений результатов. Отметим, что наибольшие значения коэффициентов разложения функции NDVI соответствуют фазам X – рост зерновки; и XI – налив зерна. Именно в этих фазах наиболее активно хлорофилл переходит в пластические вещества и именно эти фазы органогенеза являются важными с точки зрения формирования урожая.

Список литературы

1. Андрианова Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю.Е. Андрианова, И.А. Тарчевский; Рос. акад. наук. Казан. науч. центр. Казан. ин-т биохимии и биофизики. - М.: Наука, 2000. – 135 с.

2. Буховец А.Г. Математическая модель динамики вегетационного индекса NDVI на основе спутниковых данных/ В сборнике: Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях материалы Международной научной конференции. 2018. С. 174-182

3. Буховец А.Г. Моделирование динамики вегетационного индекса NDVI озимой пшеницы в условиях ЦФО / А.Г. Буховец, Е.А. Семин, Е.И. Костенко, С.И. Яблоновская // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2018. - № 2 (57). - С. 186-199.

4. Буховец А.Г. Современные подходы и методы в прогнозировании урожайности отдельных видов зерновых культур: монография / А.Г. Буховец, Е.А. Семин, Т.Я. Бирючинская. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2016 – 226 с.

5. Возможности дистанционной оценки урожайности озимой пшеницы на основе вегетационного индекса фотосинтетического потенциала / Ф.В. Ерошенко [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т.13. - №4. – С. 99–112.

6. Гребень, А.С. Анализ основных методик прогнозирования урожайности с помощью данных космического мониторинга, применительно к зерновым культурам степной зоны Украины / А.С. Гребень, И.Г. Красовская// Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. - № 2(54). С. 170–180.

7. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам /И Добеши// Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2001, 464 с.

8. Еремеев, В. Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли / В. Еремеев. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 460 с.

9. Ерошенко Ф.В Возможности дистанционной оценки урожайности озимой пшеницы на основе вегетационного индекса фотосинтетического потенциала / Ф.В. Ерошенко, С.А. Барталев, И.Г. Сторчак, Д.Е. Плотников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса 2016 г. – Т.13. - №4. – С. 99-112.

10. Зинченко В.Е. Космический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения юга России/ В.Е. Зинченко, О.И. Лохманова, В.П. Калиниченко, А.И. Глухов, В.И. Повх, Л.А. Шляхова // Исследование Земли из космоса, 2013, №3, С. 33-44.

11. Космический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения юга России/ В.Е. Зинченко [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2013. – №3. – С. 33–44.

12. Фазы роста и этапы органогенеза – Режим доступа: https://agrotehnology.com/klassicheskaya/teoriya/fazy-rosta-i-etapy-organogeneza - (Дата обращения19.01.2020).

13. Черепанов А.С. Вегетационные индексы / А.С. Черепанов // ГЕОМАТИКА. – 2011. – № 2 (11). –С. 98–102.

Интеллектуальный модуль определения изображений деструктивной направленности

В. В. Вагин, email: vitalyvag@yandex.ru[1]
В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru[2]
Е. Н. Емельянов[3]

[1] в/ч 61460
[2] Тамбовский государственный технический университет
[3]АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»

Аннотация. *Представлены результаты исследования по созданию интеллектуального модуля определения изображений деструктивной направленности. Разработанный модуль позволяет как задавать деструктивные элементы, так и выделять на изображении области, содержащие эти деструктивные элементы, в виде тепловой карты. Деструктивность элемента задается экспертом.*

Ключевые слова: *деструктивные элементы, вейвлеты, нейронная сеть, перенос обучения, глубокое обучение, тепловая карта*

Введение

В настоящее время обработка информации происходит с помощью вычислительной техники, так как, во-первых, это ускоряет ее обработку, а, во-вторых, уменьшает влияние человеческого фактора (вероятности совершить ошибку).

В задаче отбора изображений, содержащих деструктивные элементы, это ускорение невелико, так как человеку приходится вручную просматривать огромное количество изображений, что является трудоемким процессом и предполагает однотипность действий.

В этой связи разработка интеллектуального модуля определения изображений деструктивной направленности путем выделения на них элементов, носящих деструктивный характер (деструктивность элемента задается экспертом), является актуальной.

Анализ уже существующих программ по распознаванию объектов на изображении показал, что программы применяются в различных сферах: поиск и распознавание лиц, эмоций, пола людей, распознавание и перевод текста, вывод дополнительной информации об объекте и т.п., и в каждой сфере выполняют свою функциональность замечательно, но практически отсутствуют исследования по созданию программ, которые бы выполняли обнаружение любых собственно заданных элементов.

© Вагин В. В., Алексеев В. В., Емельянов Е. Н., 2020

В рамках исследования выполнена разработка интеллектуального модуля определения изображений деструктивной направленности путем выделения соответствующих элементов.

1. Разработка модуля

Модуль определения изображений деструктивной направленности используется двумя типами действующих лиц – экспертом и пользователем. Эксперт с помощью модуля добавляет в базу модуля деструктивный элемент. При добавлении происходит обучение распознаванию деструктивного элемента, в конце которого выполняется оценка результатов этого обучения. Пользователь с помощью модуля распознает деструктивные элементы на изображении. Для демонстрации данного назначения модуля выбрана диаграмма вариантов использования, представленная на рис. 1.

Рис. 1. Диаграмма вариантов использования, отражающая назначение модуля

Контекстная диаграмма потоков данных разработанного модуля представлена на рис. 2.

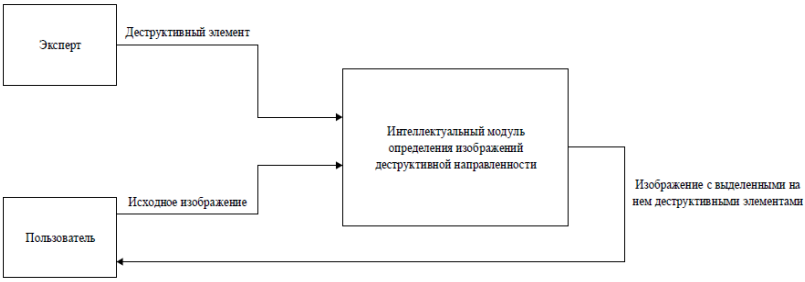


Рис. 2. Контекстная диаграмма потоков данных

Для более детального описания того, как работает модуль, то есть как он преобразует входные данные в выходные, была детализирована диаграмма потоков данных. Детализирующая диаграмма потоков данных представлена на рис. 3.

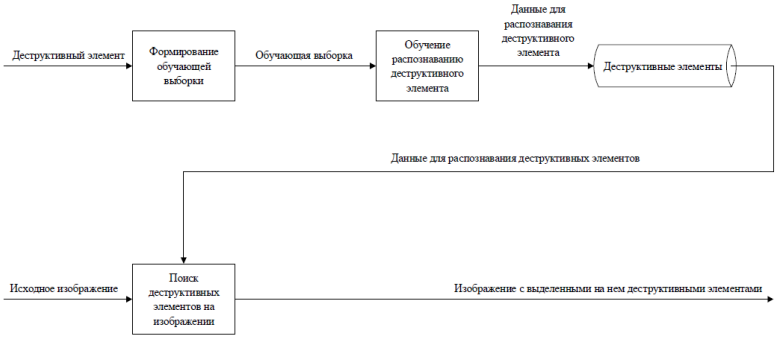


Рис. 3. Детализирующая диаграмма потоков данных

Модуль состоит из трех подмодулей: формирование обучающей выборки, обучение распознаванию деструктивного элемента и поиск деструктивных элементов на изображении. На основе деструктивного элемента происходит формирование обучающей выборки, благодаря которой модуль обучается распознавать данный элемент на изображениях, после чего, данные для распознавания сохраняются. Используя сохраненные данные о деструктивных элементах, происходит их поиск и выделение.

Проектирование подмодулей обучения распознаванию деструктивного элемента и поиска деструктивного элемента на изображении было выполнено как на основе вейвлетов (примитивы Хаара), так и на основе сверточной нейронной сети (СНС). В результате исследования оказалось, что СНС, в отличие от классификаторов, формируемых на примитивах Хаара, являются масштабируемыми. Масштабируемость СНС означает, что с увеличением объема данных и масштаба сети повышается точность распознавания. Немасштабируемость классификаторов объясняется ограниченностью возможностей Хаар-подобных функций [1]. Таким образом, для реализации модуля был выбран способ, основанный на использовании СНС.

Для создания СНС использовалась библиотека Keras (библиотека для Python с открытым исходным кодом), так как предоставляет простой и удобный способ создания моделей глубокого обучения [2]. Для

ускорения обучения созданной СНС была использована облачная платформа Google Colaboratory (позволяет обучить нейронную сеть на GPU от NVIDIA совершенно бесплатно) [3]. Кроме того, при реализации модуля использовалась библиотека OpenCV (включает в себя различные алгоритмы компьютерного зрения, распознавания изображений и т.п., работающих в реальном режиме времени) [4].

Созданная СНС использует механизм Transfer Learning (TL) – перенос данных (весовых коэффициентов и архитектуры) от уже обученной нейронной сети к другой. В качестве такой обученной нейронной сети выступает Xception, так как у нее самая высокая точность среди сетей, присутствующих в библиотеке Keras [5].

Для формирования обучающей выборки используется модуль google-images-download, позволяющий искать картинки в поисковой системе Google по запросу (наименование деструктивного элемента, задаваемое экспертом) с дальнейшим их скачиванием [6].

При поиске деструктивного элемента на изображении используется алгоритм сканирующего окна. В случае, если обнаружено наличие деструктивного элемента на сканирующем окне, область сканирующего окна выделяется. В результате поиска выдается изображение с выделенными на нем деструктивными элементами в виде тепловой карты. Экранные формы работы модуля представлены на рис. 4.

а б

а – деструктивный элемент: нож, б – деструктивный элемент: череп

Рис. 4. Экранные формы работы модуля

Заключение

Разработанный модуль позволяет автоматизировать процесс детектирования изображений деструктивной направленности путем выделения на них элементов, носящих деструктивный характер (деструктивность элемента задается экспертом), в виде тепловой карты. Из-за наличия некоторой доли ложных срабатываний, результаты

работы модуля носят справочный характер, помогающий пользователю обращать внимание только на те изображения, на которых присутствуют сами деструктивные элементы или объекты, на них похожие, и отсеять изображения с полным отсутствием деструктивных элементов, тем самым понижая трудоемкость процесса поиска деструктивных изображений, что является полезным для систем физической защиты.

Список литературы

1. What is the difference between using a Haar classifier and CNN for face and other recognition? – Quora [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-using-a-Haar-classifier-and-CNN-for-face-and-other-recognition
2. Туториал: создание нейросети для анализа настроений в комментариях с Keras [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://neurohive.io/ru/tutorial/nejronnaya-set-keras-python
3. Keras и TensorFlow в облаке с GPU бесплатно от Google Colaboratory [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.asozykin.ru/deep_learning/2018/04/04/Google-Colaboratory-for-Deep-Learning.html
4. Компьютерное зрение. Библиотека OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itmultimedia.ru/kompyuternoe-zrenie-biblioteka-opencv
5. Applications - Keras Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://keras.io/applications
6. Python Script to download hundreds of images from Google Images. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/hardikvasa/google-images-download

Подходы к организации вычислительного процесса гибридного высокопроизводительного вычислительного комплекса для решения задач материаловедения

К.И. Волович, e-mail: kvolovich@frccsc.ru[1]
С.А. Денисов, e-mail: sdenisov@frccsc.ru[1]

[1]Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. *В статье рассматриваются основные научно-технические проблемы коллективного использования гибридных высокопроизводительных вычислительных комплексов в области материаловедения, подходы к управлению распределением ресурсов высокопроизводительных вычислительных комплексов для выполнения широкого спектра расчетов, показана необходимость формирования индивидуальной среды моделирования для решения научных задач материаловедения, приведены алгоритмы управления ресурсами высокопроизводительных вычислительных комплекса и формирования индивидуальной среды моделирования.*

Ключевые слова: *алгоритм; базовый образ, высокопроизводительный вычислительный комплекс; гибридная архитектура; графический ускоритель; динамический приоритет, индивидуальная среда моделирования; контейнер.*

Введение

За последние несколько лет значительно возросла потребность в высокопроизводительных вычислениях [1, 2]. Это связано с проведением междисциплинарных научных исследований и развитием технологий искусственного интеллекта, обработки «больших данных», компьютерного моделирования.

Непрерывное совершенствование микроэлектроники и широкое применение гибридных вычислительных архитектур сделали доступным эксплуатацию и применение гибридных высокопроизводительных вычислительных комплексов (ГВВК) в небольших научных и научно-производственных коллективах.

В области материаловедения одним из подходов к решению целого ряда научно-практических задач является применение технологий математического моделирования. На сегодняшний день существуют ряд

© Волович К. И., Денисов С. А., 2020

программных систем моделирования (Materials Studio, VASP, GROMACS, Quantum ESPRESSO), представляющих собой среду разработки, предоставляющую научному коллективу широкий спектр инструментов для эффективного решения актуальных задач. Наибольшую эффективность системы моделирования, предназначенные для решения задач материаловедения, проявляют при развертывании в гибридных высокопроизводительных вычислительных комплексах, обладающих высокой производительностью и позволяющих решать задачи за приемлемое время с достаточной точностью.

Заметим, что от вычислительной среды ГВВК требуется большая гибкость и адаптивность к изменяющимся требованиям со стороны приложений и задач пользователей, что определяет специфику организации вычислительного процесса.

В отличии от принятой технологии расчетов на суперкомпьютерах, в основе которой находится пакетная обработка заданий в единой вычислительной среде как наиболее эффективный способ использования вычислительных ресурсов, в ГВВК необходимо обеспечить следующие режимы работы коллективов:

1) индивидуальную среду моделирования для выполнения задач;

2) интерактивную работу пользователей в индивидуальной среде;

3) пакетное обслуживание расчетных задач.

Поясним эти требования.

Первое. Научный коллектив в процессе исследований может решать одни и те же задачи в разных системах моделирования с целью получения наиболее оптимального варианта решения. Одновременное наличие нескольких систем моделирования в одной вычислительной среде ГВВК является нецелесообразным, поскольку это ограничивает возможности по их использованию.

Также работа с системой моделирования предполагает динамическое изменение ее настроек, включая выполнение операций, требующих прав администратора ГВВК, например, установка дополнительного программного обеспечения. Выполнение такого рода операций возможно только администратором (по предварительному согласованию в соответствии с принятой политикой информационной безопасности). Это создает дискретность в исследовательской работе научного коллектива.

Оптимальным решением для создания полнофункциональных индивидуальных сред моделирования является технология виртуальной контейнеризации [3, 4]. Для этих целей подходит широко известная система docker. Подобно виртуальной машине docker запускает свои процессы в собственной, заранее настроенной операционной среде.

В этом случае, для системы организации заданий ГВВК нет разницы в управлении заданием, содержащим прикладную задачу, или содержащим контейнер с прикладной задачей.

Второе. Для создания эффективной модели необходимо, чтобы на этапе ее разработки и тестирования система моделирования имела доступ к графическим ускорителям ГВВК. Создание среды разработки вне вычислительной системы ГВВК является трудной задачей. На практике среда интерактивной разработки системы моделирования интегрируется в вычислительную среду ГВВК.

Интерактивный режим позволит научному коллективу практически в режиме он-лайн выполнять разработку и отладку алгоритмов в среде разработки - системе моделирования.

Третье. Пакетное обслуживание вычислений является классическим способом эффективной загрузки вычислительной инфраструктуры [5], которое десятилетиями используется на суперкомпьютерах. Очевидно, что система организации вычислительного процесса ГВВК должна использовать этот режим для длительного тестирования приложений и выполнения расчетов.

Исходя из вышесказанного, эффективная организация вычислительного процесса многопользовательского ГВВК для решения задач материаловедения должна обеспечить создание индивидуальной среды моделирования с описанием вычислительных заданий на основе технологии виртуальной контейнерной обработки. Решению этой задачи посвящена настоящая работе.

1. Базовый алгоритм создания индивидуальной среды моделирования

Основными программными компонентами индивидуальной среды моделирования являются:

- базовая операционная система;
- специализированное программное обеспечение, включая драйверы и библиотеки для работы с устройствами вычислительных узлов ГВВК, включая GPU;
- интерфейсные библиотеки программных компонентов для обмена данными между процессами при выполнении параллельных вычислений;
- среда разработки и исполнения программ, включая компиляторы;
- система моделирования, включая специализированные программные пакеты для научных исследований.

Базовый алгоритм создания индивидуальной среды моделирования показан на рисунке.

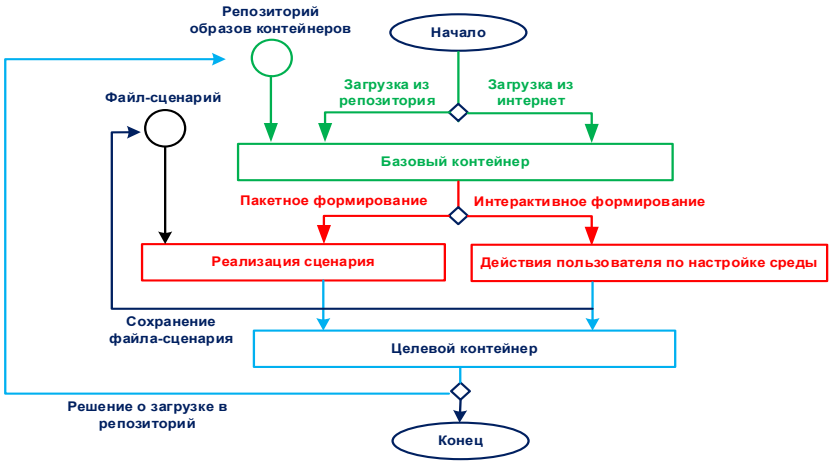


Рис. 1. Базовый алгоритм создания индивидуальной среды моделирования

Шаг 1. Определяется необходимый базовый образа контейнера для загрузки его из репозитория.

Шаг 2. Принимается решения о способе формировании контейнера с индивидуальной средой моделирования: пакетном или интерактивном.

В случае пакетного исполнения индивидуальная среда моделирования создается путем формирования и запуска на выполнения в вычислительной среде ГВВК пользовательского задания. Входными данными для задания является базовый контейнер и файл-сценарий, создаваемый пользователем. В файле-сценарии содержится программный код, выполнение которого приводит к загрузке, установке и настройке всех необходимых программных средств.

В случае интерактивного исполнения базовый контейнер загружается в вычислительную среду ГВВК и остается активным неопределенно долгое время. При этом пользователь получает интерактивный доступ к базовому контейнеру и может производить действия по установке/компиляции программных средств.

Шаг 3. Принимается решение о создании из контейнера с индивидуальной средой моделирования библиотечного образа и загрузки его в репозиторий ГВВК. Библиотечный образ, не требующий дополнительной настройки, в дальнейшем по примеру базового образа

может использоваться пользователем для формирования индивидуальной среды моделирования.

2. Описание вычислительного задания

При постановке вычислительного задания на выполнение система организации вычислительного процесса должна выделить требуемые заданием вычислительные ресурсы в соответствии с заданной политикой обслуживания. Типы вычислительных ресурсов, которые назначаются вычислительному заданию, могут быть следующими:

1) ресурсы центрального процессора (ядра центрального процессора или потоки ядра центрального процессора);
2) ресурсы графического процессора;
3) объем оперативной памяти;
4) объем дисковой памяти.

Политика обслуживания вычислительного задания задает комплекс правил, определяющих обработку задания системой организации вычислительного процесса. Политику обслуживания вычислительного задания предлагается выбирать в зависимости от значения следующих основных параметров, указываемых для вычислительного задания:

1) потребляемые ресурсы – номенклатура и объем вычислительных ресурсов, необходимых для выполнения задания;
2) приоритет задания – число, значение которого система организации вычислительного процесса использует для применения к заданию требуемой политики обслуживания;
3) режим выполнения задания – интерактивный или пакетный;
4) время выполнения – предельное время выполнения задания, после истечения которого система организации вычислительного процесса может выполнить действия, определенные политикой обслуживания (например, остановить задание).

Потребляемые ресурсы. Потребляемые ресурсы обычно декларируют с целью резервирования ресурсов. В этом случае пока не будет свободно достаточно ресурсов система организации вычислительного процесса не будет запускать задание. При выполнении задания система организации вычислительного процесса будет контролировать превышение порога объема ресурсов и выполнять управляющие воздействия в случае перехода этой границы. Наряду с резервированием ресурсов для ГВВК целесообразно иметь возможность описать потребляемые ресурсы без резервирования и контроля объема потребляемых ресурсов. Это необходимо для классификации задания и определения политики его обслуживания. В этом случае задание начнет выполняться без ожидания ресурсов и без контроля их использования,

но с включением политики обслуживания, соответствующей этой декларации.

Приоритет. В системе организации вычислительного процесса ГВВК используется начальный приоритет, который определен или при описании задания или политикой обслуживания. Также используется динамический приоритет, который задается системой организации вычислительного процесса в зависимости от поведения задания.

Режим выполнения. Этот параметр должен быть явно задан пользователем при описании задания. Это даст возможность системе организации вычислительного процесса выполнять задание или в режиме разделения времени для обеспечения интерактивного взаимодействия с пользователем или в режиме пакетной обработки.

Время выполнения. В ходе выполнения задания система организации вычислительного процесса ГВВК определяет текущее время выполнения задания. Если текущее время выполнения задания превышает предельное время выполнения, то система организации вычислительного процесса выполнит действие, заданное политикой обслуживания.

Политики обслуживания определяются администраций ГВВК и включают значения перечисленных выше параметров для задания по умолчанию. Поэтому при описании вычислительного задания можно указать необходимость обслуживания заявки в соответствии с одной из определенной администрацией ГВВК политикой обслуживания.

3. Базовый алгоритм обслуживания вычислительного задания

Предлагается следующий базовый алгоритм системы организации вычислительного процесса для облуживания вычислительного задания на ГВВК:

Шаг 1: Система организации вычислительного процесса помещает задание в очередь.

Шаг 2: Система организации вычислительного процесса в цикле анализирует параметры заданий, находящихся в очереди. В соответствии с политикой обслуживания очереди определяет задание, требующее управляющего воздействия, и выполняет это действие.

Шаг 3. Завершенное задание удаляется из очереди. Задание может завершить свое выполнение самостоятельно, либо под воздействием системы организации вычислительного процесса ГВВК в соответствии с предписанной политикой обслуживания. Заметим, что политика обслуживания помимо завершения задания может предусматривать другие действия. Например, изменение приоритета задания, приостановку задания, переключение задания в другую очередь.

По завершении выполнения задания система организации вычислительного процесса должна проконтролировать корректность освобождения вычислительных ресурсов и возвратить ресурсы в общий пул.

4. Уровни и алгоритмы управления вычислительными заданиями

Политики управления вычислительными ресурсами ГВВК формируются на следующих уровнях:

1) Уровень заданий;

2) Уровень очередей;

Управление ресурсами на уровне заданий происходит в рамках одной очереди. Основным критерием при распределении ресурсов является приоритет вычислительного задания. Заданиям, выполняемым в интерактивном режиме, устанавливается наивысший приоритет и ограничивается время их выполнения.

Алгоритм политики обслуживания заданий с наивысшим приоритетом следующий:

- задание получает запрошенные ресурсы;
- в случае нехватки ресурсов система организации вычислительного процесса приостанавливает функционирование заданий с самым низким приоритетом и наибольшим временем выполнения;
- с течением времени выполнения приоритет задачи понижается;
- среди заданий с одним приоритетом более приоритетным заданием является задание с наибольшим временем выполнения.

Алгоритм политики обслуживания заданий с низким приоритетом следующий:

- заданиям выделяются ресурсы по принципу «лучшее из возможного»;
- в случае нехватки ресурсов задания ожидают в очереди до момента появления свободных ресурсов;
- пока задача ждет в очереди, приоритет задания повышается.

Управление ресурсами на уровне очередей происходит на основе пула очередей. Для ГВВК предлагается создать минимум три очереди: две очереди для заданий, выполняемых в пакетном режиме (далее – основная и дополнительная очередь) и очередь для заданий, выполняемых в интерактивном режиме (далее – интерактивная очередь).

Интерактивная очередь позволяет разместить задание на исполнение практически в режиме он-лайн. Политиками обслуживания для данной очереди ограничено время исполнения задания. При необходимости может быть ограничен объем предоставляемых ресурсов.

Такие ограничения позволяют выполнять задания с использованием нескольких узлов комплекса и GPU, но не позволяют получать высокий приоритет в обход существующих политик обслуживания.

Основная очередь позволяет размещать на исполнение задания, время функционирования которых разработчик определил той или иной величиной. В общем случае очередей такого типа может быть несколько.

В случае превышения времени выполнения задания по сравнению с заявленным политика обслуживания для данной очереди может:

- продолжить выполнение задания;
- приостановить выполнение задания;
- приостановить выполнение задания и переместить задание в очередь с меньшим приоритетом.

Для очереди предоставляется ограниченный пул ресурсов, задания могут приостанавливаться.

Дополнительная очередь позволяет размещать на исполнение задания, для которых не представляется возможным оценить время их исполнения. Очередь имеет наименьший приоритет. Для очереди предоставляется ограниченный пул ресурсов, задания могут приостанавливаться.

Очереди определяются следующими параметрами:

- интерактивная очередь: приоритет – высокий, доступность ресурсов – по принципу «лучшее из возможного», максимальное время выполнения задачи – сильно ограничено;
- общая очередь: приоритет – средний, доступность ресурсов – в рамках ограниченного пула, максимальное время выполнения задачи – ограничено;
- дополнительная очередь: приоритет – низкий, доступность ресурсов – в рамках ограниченного пула, максимальное время выполнения задачи – не ограничено.

Общими рекомендациями для образования очередей являются следующие характеристики:

- не должно быть очередей с одинаковыми параметрами;
- чем выше приоритет очереди, тем больше ресурсов ей доступно, но максимальное время выполнения задачи ниже по сравнению с очередями с меньшими приоритетами.

Система организации вычислительного процесса анализирует параметры, которыми описывается задание, и помещает в ту очередь, которая наиболее удовлетворяет параметрам задания. Если все параметры задания указаны по умолчанию, расчётная задача помещается в дополнительную очередь.

Управление ресурсами может происходить одновременно на уровне очередей и заданий. При этом применяются алгоритмы управления на уровне заданий и на уровне очереди.

Заключение

В статье предложен подход к организации вычислительного процесса на высокопроизводительном комплексе, который позволяет эффективным образом предоставить необходимые вычислительные ресурсы научному коллективу.

Применение гибридных архитектур вычислительных комплексов для решения задач в области материаловедения является перспективным направлением развития высокопроизводительных вычислений и базируется на современной активно развивающейся технологии виртуализации.

Особенностью использования виртуализации является возможность одновременного исполнения индивидуальных сред, предназначенных для решения задач в различных областях науки. Реализация управления вычислительным процессом для поддержки научных исследований возможна как с использованием открытых технологий и программного кода OpenSource, так и на проприетарных решениях коммерческих вендоров.

Представленные в статье алгоритм создания индивидуальной среды моделирования и режимы работы системы организации вычислительного процесса прошли апробацию на гибридном высокопроизводительном вычислительном комплексе, функционирующим в составе центра коллективного пользования «Высокопроизводительные вычисления и большие данные» ФИЦ ИУ РАН (ЦКП «Информатика») [6].

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты 19-29-03051, 18-29-03100).

Список литературы

1. Абрамов С.М. Анализ суперкомпьютерных киберинфраструктур ведущих стран мира / Суперкомпьютерные технологии (СКТ-2018). Материалы 5-й Всероссийской научно-технической конференции. Ростов-на-Дону 2018. С. 11-18.

2. Sobolev S. Evaluation of the octotron system on the Lomonosov-2 supercomputer / Sobolev S., Antonov A, Shvets P., Nikitenko D., Stefanov K., Voevodin V., Voevodin Vl., Zhumatiy S. // Материалы конференции параллельные вычислительные технологии (ПАВТ2018) Ростов-на-Дону, 02-06 апреля 2018 г.

3. Zatsarinny A.A. Toward high performance solutions as services of research digital platform / Zatsarinny A.A., Gorshenin A.K., Kondrashev V.A., Volovich K.I., Denisov S.A. // Procedia Computer Science. Volume 150 (2019). p. 622-627.

4. В.А. Кондрашев, К.И. Волович Управление сервисами цифровой платформы на примере услуги высокопроизводительных вычислений / Материалы Международной научной конференции. Воронеж, 3–6 сентября 2018 г

5. Nikitenko D.A. Supercomputer application integral characteristics analysis for the whole queued job collection of large-scale hpc systems / Nikitenko D.A., Voevodin Vl.V., Teplov A.M., Zhumatiy S.A., Voevodin V.V., Stefanov K.S., Shvets P.A. // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ2016) труды международной научной конференции. 2016. С. 20-30. Челябинск

6. Положение о ЦКП «Информатика» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.frccsc.ru/ckp (дата обращения 16.01.2020)

Применение средств компьютерного моделирования для проектирования с использованием обобщённого мультипликативного критерия оптимальности

И. А. Высоцкая, email: i.a.trishina@gmail.com [1]
А. С. Михалев [1]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассматриваются принцип справедливой относительной уступки и построение на его основе обобщенного мультипликативного критерия оптимальности. В работе данный критерий используется для моделирования и решения прикладной задачи проектирования грузового самолета.*

Ключевые слова: *принцип относительной справедливой уступки, мультипликативный критерий оптимальности.*

Введение

В многокритериальных задачах принятия решений [1] часто возникают противоречия между некоторыми критериями оценки качества различных стратегий. Область допустимых (альтернативных) стратегий можно разделить на два множества, которые не пересекаются: область согласия и область компромисса.

В области согласия противоречий между критериями нет, следовательно, есть возможность по улучшению качества стратегии одновременно по всем критериям или, в крайнем случае, без ухудшения (снижения) уровня любого критерия. В области компромисса существуют противоречия между некоторыми критериями, следовательно, улучшение качества стратегии согласно одним критериям приводит к ухудшению ее качества согласно другим.

Принцип справедливой уступки основывается на сопоставлении прироста и убыли величин локальных критериев. Когда два или более вариантов находятся в области компромиссов, то при переходе от одного варианта к другому один (или несколько) локальный критерий может возрастать, другой (другие) – может убывать. Данный принцип основан на сопоставлении суммарной прибыли и суммарной убыли. Если суммарная прибыль превышает суммарную убыль, то новый вариант предпочтительнее старого, старый вариант отбрасывается и ведется

© Высоцкая И. А., Михалев А. С., 2020

сопоставление оставшегося варианта с новым вариантом. В том случае, если убыль равна прибыли, то эти варианты равнозначны.

Если сравнение ведется по абсолютному значению прибыли и убыли – тогда это принцип абсолютной уступки, если по относительной величине прибыли и убыли – тогда это принцип относительной уступки.

В данной статье рассматривается принцип относительной уступки.

1. Обобщённый мультипликативный критерий оптимальности

Принцип справедливой относительной уступки можно сформулировать следующим образом: справедливым следует считать такой компромисс, когда суммарный уровень относительного снижения одного или нескольких критериев не превышает суммарного уровня относительного увеличения других критериев [2, 3].

Условие оптимальности на основе принципа справедливой относительной уступки имеет вид

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta x_i \middle/ x_i\right) = 0, \tag{1}$$

где Δx_i – приращение величины *i*-го критерия,

x_i – первоначальная величина *i*-го критерия, *n* – число критериев.

Полагая $\Delta x_i \ll x_i$ можно представить (1) как дифференциал натурального логарифма. Тогда

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta x_i \middle/ x_i\right) = \sum_{i=1}^{n} d\left(\ln x_i\right) = d\left(\sum_{i=1}^{n}\left(\ln x_i\right)\right) = d\left(\ln\prod_{i=1}^{n} x_i\right) = 0. \tag{2}$$

Таким образом, принцип справедливой относительной уступки приводит к мультипликативному обобщенному критерию оптимальности, который образуется путём простого перемножения частных критериев в том случае, когда они имеют одинаковую важность (в случае неравноценности частных критериев вводятся весовые коэффициенты)

$$X = \prod_{i=1}^{n} x_i. \tag{3}$$

Рассмотрим пример применения мультипликативного критерия оптимальности. Преимущество данного критерия заключается в том, что он не требует нормирования частных критериев.

Проектируется грузовой самолет. В процессе проектирования особое внимание уделяется оптимизации параметров самолета.

В соответствии с техническим заданием критериями эффективности грузового самолета служат:

- масса m одновременно перевозимых грузов (в тоннах);

- расстояние возможного полета при максимальной загрузке n (в тыс. км.);

- масса s тонн грузов, перевезенных на 1 $м^3$ топлива.

При этом техническими условиями оговорены два обязательных условия:

- себестоимость самолета C должна быть не больше 30 млн. долларов;

- габаритный объем самолета не должен превышать $V_0=250$ $м^3$.

Таким образом, для оптимизации характеристик самолета будут использованы частные критерии: m, т; n, тыс.$км$; s, $^{т}/_{м^3}$. Спроектируем модель в соответствии с исходными данными.

Предположим, что конструкторы самолета располагают мировой статистикой грузовых самолетов и путем ее анализа получили ряд функциональных зависимостей [4].

Обозначим через k_m объем для грузового отсека, которой пропорционален массе перевозимых грузов с коэффициентом пропорциональности

$$k_m = 6,9\,{}^{м^3}/_{\text{Т}};$$

Расстояние перелета пропорционально объеме израсходованного топлива за полет; пропорционально возрастает объем, занимаемый топливом, коэффициент пропорциональности между километрами и необходимым объемом топлива

$$k_n = 0,01\,{}^{м^3}/_{км};$$

Часть стоимости самолета приходящейся на конструирование грузового отсека, крыльев и т.п., можно считать пропорциональной предполагаемой массе перевозимых грузов коэффициентом пропорциональности

$$c_m = 500000\,{}^{\$}/_{\text{Т}};$$

Чем больше вес грузов, которых мы хотим перевезти, тем более мощный потребуется двигатель, значит и стоимость его будет больше; эту зависимость также можно считать линейной с коэффициентом

$$c_n = 2700000\,{}^{\$}/_{\text{Т}};$$

Улучшения показателя s требует совершенствование гидродинамических характеристик самолета, что в конечном итоге это приводит к его подорожанию, которое можно принять пропорциональным величине s с коэффициентом пропорциональности

$$c_s = 7000000 \ \$ \Big/ \left(т \Big/ л\right)^2;$$

- кроме объема грузового отсека, зависящего от массы грузов, в машине имеется еще дополнительный объем $v_{доп}$ для размещения кабины пилотов, автоматики и пр.; этот объем для самолета, рассматриваемого классы можно считать постоянным; вместе с технологическими полостями он равен $v_{доп} = 90 м^3$.

Располагая столь исчерпывающими сведениями, без труда можно записать два основных ограничения: уравнение баланса объема

$$V_0 = k_m m + k_n n + v \le 250 м^3; \quad (4)$$

и уравнение баланса стоимости

$$C = c_m m + c_n n + c_s s^2 \le 30000000\$. \quad (5)$$

Для оптимизации по трем критериям m, n, s надо сформировать единый обобщённый критерий.

По мнению заказчика и экспертов, все три критерия имеют одинаковую важность. Будем руководствоваться принципом справедливой уступки.

Обобщенный мультипликативный критерий представим в виде

$$X = m * n * s. \quad (6)$$

Следовательно, искомая модель имеет вид:

$$m * n * s \to \max;$$

$$k_m m + k_n n + v_{доп} \le 250;$$

$$c_m m + c_n n + c_s s^2 \le 30000000;$$

$$m \ge 0;\ n \ge 0;\ s \ge 0.$$

Подставив исходные данные, получим следующую задачу:

$$m * n * s \to \max;$$

$$6,9m + 0,01n \le 160;$$

$$5000000m + 270000n + 7000000s^2 \le 30000000;$$

$$m \ge 0;\ n \ge 0;\ s \ge 0.$$

В результате решения данной задачи с помощью надстройки «Поиск решения» пакета Microsoft Excel, получим следующие оптимальные значения

$$m = 20,00037 \text{ т};$$

$$n = 3,7036 \text{ тыс.}км;$$

$$s = 1,4285\ \text{т}/\text{м}^3.$$

Максимальное значение обобщенного критерия составит:

$$X = 105,82.$$

Заключение

В многокритериальных задачах оптимального проектирования возникает необходимость объективной оценки важности частных критериев. В работе представлена математическая модель проектирования самолета на основе мультипликативного обобщённого критерия, которую можно успешно перенести на многие другие задачи проектирования и оптимизации.

Список литературы

1. Высоцкая, И. А. Дискретно стохастическая задача управления запасами деталей для ремонта эксплуатационного оборудования / И. А. Высоцкая, Д. А. Зиновьев, М. А. Лотков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2018. – Т.6. – №6(42). – С. 70-73.
2. Высоцкая, И. А. Математическая модель управления запасами и выпуском / И. А. Высоцкая, А. С. Михалев // Некоторые вопросы анализа, алгебры, геометрии и математического образования. – 2018. – № 8. – С. 80-81.
3. Высоцкая, И. А. Динамическая модель управления запасами и выпуском с мгновенными поставками / И. А. Высоцкая, М. А. Лотков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2018. – Т.5. – №8(34-2). – С. 213-216.
4. Брахман, Т. Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике/ Т. Р Брахман ; М.: Радио и Связь, 1984. – 288 с.

Модель метеорологического обеспечения авиационных задач на основе линейного программирования

Д. В. Гедзенко, email: gdv555900@mail.ru
Р. Ю. Ситников

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматривается модель метеорологического обеспечения на основе линейного программирования и использована методика определения функции условных потерь потребителя для нахождения ее экстремума при использовании ряда методов прогноза радиационного тумана.*

Ключевые слова: *целевая функция, линейное программирование, матрица затрат, прогноз тумана, потери потребителя.*

Введение

Решения многих экономических, технических и военных задач сводятся к нахождению экстремумов функций.

Главной задачей метеорологического обеспечения полетов является своевременное предоставление командованию, штабам, руководителям полетов, расчетов командных пунктов и органов управления воздушным движением, летному составу всех видов фактической и прогностической метеорологической информации, а так же наиболее оптимального ее использования, необходимого для планирования, организации и обеспечения безопасности полетов. А так же для решения других задач учебно-боевой, боевой и оперативной подготовки.

На практике такие задачи часто встречаются, например, при решении проблем, связанных с распределением ресурсов, использованием средств для поражения различных целей, планировании полетов и перелетов на аэродроме базирования, оптимизации использования метеорологической информации и т.д. В этих задачах расходы и доходы (прирост целевой функции) линейно зависят от количества приобретенных средств (например, суммарная стоимость партии товаров линейно зависит от количества единиц, количество снарядов, израсходованных на поражение цели, зависит от количества самолетов, способных доставить их к цели в данных метеорологических условиях и т.д.).

В данной статье мы представим модель метеообеспечения авиационных воинских формирований, используя аппарат линейного

© Гедзенко Д. В., Ситников Р. Ю., 2020

программирования, а также приведем примеры задач и их решение с помощью данного математического метода.

1. Влияние метеоусловий и опасных явлений погоды на производство полетов

Туманы являются одними из наиболее опасных явлений погоды для авиации. При образовании туманов метеорологическая дальность видимости уменьшается до значений менее 1000 метров. А, как известно, наиболее ответственный этап посадки – приземление – осуществляется пилотом визуально. Следовательно, для обеспечения безопасности полетов огромное значение имеет прогноз туманов.

Распределение повторяемости различных видов туманов зависит от географического положения и от местных физико-географических особенностей. Анализ обширного материала наблюдений позволяет утверждать, что для большинства районов европейской части России, Сибири и других внутриконтинентальных районов наибольшую повторяемость имеют радиационные и адвективные туманы [1].

2. Модель оптимизации прогнозирования туманов, построенная на базе методов линейного программирования

При выполнении данной работы были использованы данные ежечасных метеорологических наблюдений на станции Тамбов за осенние месяцы в период с 2013 по 2018 год. Архивная выборка составлялась исходя из условия прогнозирования радиационных туманов пятью различными способами. А именно: способом Зверева, способом Берлянда, способом Меджитова, способом Кошеленко, способом Душкина.

В составленную архивную выборку были включены следующие предикторы:

- температура воздуха у поверхности Земли в сроки за 18, 12, 06, 00 часов;
- температура точки росы T_d у поверхности Земли за сроки 18, 12, 06, 00 предшествующие исходному сроку разработки прогноза тумана;
- состояние почвы (сухая, влажная, мокрая). Почва считается мокрой, когда на поверхности почвы имеются лужи, и влажной, когда увлажнена выпавшими осадками, но лужи отсутствуют;
- прогноз количества облаков, их формы и высоты;
- прогноз скорости ветра;
- время захода и восхода Солнца;
- относительная влажность воздуха;
- величина возможного понижения температуры воздуха за ночь;

– скорость ветра за 20 и 22 часа;
– время восхода и захода солнца (продолжительность ночи);
– дефицит точки росы к поверхности Земли;
– температура туманообразования при данных метеорологических условиях;
– общее количество и форма облачности и количество облаков нижнего яруса в момент прогноза.

В архивную выборку вошли лишь случаи внутримассовых синоптических ситуаций с благоприятными условиями для образования радиационных туманов.

Было составлено несколько матриц сопряженности для различных прогностических способов. Но какой способ прогноза опасного явления погоды выбрать для наиболее качественного обеспечения деятельности авиационного потребителя? В настоящее время данную проблему решают на основе двух различных подходов [2].

Первый подход заключается в оценке эффективности способа по сравнению со стандартными (климатическим, случайным, идеальным) способами прогнозов, без учета специфики деятельности потребителя.

Второй подход предполагает нахождение экстремума целевой функции потребителя – основная задача линейного программирования.

Так как при применении первого подхода не учитывается деятельность потребителя, то критерии оценки называются метеорологические. Для выбора оптимальной прогностической методики с помощью различных критериев выбора стратегии (Байеса, Сэвиджа, Вальда, Гурвица) по формулам были рассчитаны средние потери потребителя при применении различных способов прогнозов.

Исходя из полученных матриц условных повторяемостей для различных способов прогноза тумана, можно оценить потери авиационного потребителя при использовании того или иного способа прогноза и найти наиболее оптимальный из них.

Т.е. нахождение минимума функции потерь потребителя является решением основной задачи линейного программирования – нахождение экстремума функции:

$$Q_{туман} = q_{11}p_{11} + q_{21}p_{21} \quad (1)$$

$$Q_{безтумана} = q_{12}p_{12} + q_{22}p_{22} \quad (2)$$

В общем случае, если обозначить через q_{ij} – затраты потребителя, ожидавшего осуществления j-го состояния атмосферы, при

осуществлении i-го ее состояния и через p_{ij} указанную в прогнозе вероятность осуществления i-го состояния, то ожидаемые затраты потребителя при различных планах его действий можно представить в виде суммы:

$$Q_i = \sum_{i=1}^{l} q_{ij} p_{ij}, j = 1, 2..., l \quad (3)$$

Оптимальным для данного распределения p является план, обеспечивающий минимум Q_i. Очевидно, что соблюдение этого правила для всех распределений p (для всех прогнозов) обеспечивает минимальные общие затраты данного потребителя.

Таблица

Условные потери потребителя при различных способах прогноза тумана

Способ прогноза тумана	Потери потребителя при подготовке к различным погодным условиям		
	При подготовке к туману	При подготовке к отсутствию тумана	Общие потери при данном способе
Способ Душкина	0,2025	0,125	0,3275
Способ Кошеленко	0,1625	0,2625	0,425
Способ Меджитова	0,1775	0,1375	0,315
Способ Зверева	0,1775	0,1	0,2775
Способ Берлянда	0,175	0,1625	0,3375

Из таблицы видно, что, в целом, оптимальным способом прогноза тумана в пункте Тамбов является способ Зверева. Но также, следует заметить, что при прогнозе тумана по условным потерям потребителя способ Зверева не является оптимальным, его превосходят способы Кошеленко и Берлянда. Отсюда следует вывод, что если мы будем постоянно использовать способ прогноза либо Кошеленко либо Берлянда то при прогнозе тумана мы будем терять меньше, чем при

использования способа прогноза Зверева, но при постоянном использовании потери при прогнозе отсутствия тумана способом Зверева выводят его на первое место по оптимальности.

Заключение

Полученная модель позволила повысить эффективности метеообеспечения на 10 %, а именно прогноза радиационного тумана. Это достигается определением экстремума функции условных потерь потребителя. Данная функция позволяет определить наиболее подходящий для любого района способ прогноза радиационного тумана при наличии нескольких способов, затрудняющих работу метеоспециалиста и распыляющих его внимание в процессе боевой деятельности по обеспечению полетов в сложных условиях и нестандартных ситуациях.

Используя линейное программирование совместно с другими способами и методами оптимизации, можно повысить экономический эффект прогнозирования радиационных туманов. Причем повышение экономического эффекта будет ограничиваться только нашими познаниями в области данного явления.

Список литературы

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 7-е изд., стер.– М.: Высш. шк.., 2001. – 575 с.

2. Хандожко А.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. Санкт – Петербург. Гидрометеоиздат,1993. – 340 с.

Проблемы обеспечения достоверности измерений расхода жидких сред в технических системах

Л.Л. Гончар, e-mail: leogonchar@ya.ru
И.А. Копытин, e-mail: kopyt-igor@ya.ru

ФГВКОУ ВО ВУНЦ «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж

Аннотация. *В статье рассмотрены технические ограничения повышения точности измерения расходов жидких сред и проблемы моделирования в условиях изменения состояния объекта.*

Ключевые слова: *расходомер жидкости, точность измерений, свойства расходомеров, моделирование процессов измерений.*

Введение

Моделирование процессов, происходящих в сложных технических системах, является синтезом деятельности нескольких взаимосвязанных научных отраслей: механики, физики, математики, информатики, менеджмента. В работе рассматривается один из подходов к построению измерительно-информационной системы на основе критического анализа параметров (расходомерного устройства), способных оказывать результат на достоверность проводимых измерений.

Одной из характеристик расходомера, влияющей на скорость получения результата измерения является его инерционность, т. е. свойство задерживать во времени выдачу информации о расходе. Варианты представления инерционности различны, но сводятся к указанию интервала времени, по истечении которого информативная характеристика отобразит действительное значение расхода. Это время – интервал установления показаний, может существенно отличаться в зависимости от условий проведения измерений.

Характеристика функции влияния и остаточные влияния внешних воздействий отображают реакции расходомера на изменение условий эксплуатации. Функции влияния внешних воздействий – это совокупность зависимостей между изменениями какой-либо влияющей величины и отклонениями статистической характеристики преобразования от основного ее значения, полученного при одном фиксированном значении влияющей величины. Функции влияния используются как инструмент введения поправок в результаты измерения при эксплуатации расходомера. Следует отметить, что

© Гончар Л.Л., Копытин И.А., 2020

поправки, как инструмент повышения достоверности измерений, не являются универсальным средством и применяются с установленными экспериментально ограничениями.

1. Разработка моделей

Влияние внешних воздействий предваряют изменения характеристик расходомера и являются неотъемлемой частью эксплуатации любого технического средства. В качестве характеристик, определяющих метрологическую надежность, принято считать межповерочный интервал (т. е. временной интервал в течение которого погрешность расходомера не превышает допускаемых классом точности показаний) и технический ресурс [1]. Каждая из указанных характеристик может быть назначена с доверительной вероятностью.

Вместе с тем не следует пренебрегать характеристиками расходомера, непосредственно не оказывающих влияние на его метрологические свойства, но существенно сказывающихся на процессе эксплуатации. Критическими могут быть габаритно-массовые характеристики, энергопотребление, воздействие расходомера на поток (скорость потока, изменение давления или режима течения), область резонанса, выходное электрическое сопротивление.

Расходомеры состоят в общем случае из трех основных частей: измерительного преобразователя (датчика), измерительной схемы и регистрирующего устройства.

Измерительный преобразователь преобразует показатель расхода жидкости в какой-либо физический параметр (геометрический, электрический и др.), удобный для автоматического измерения с последующей документальной регистрацией и выдачей управляющего сигнала в систему автоматического регулирования и управления.

Измерительная схема должна обеспечить преобразование полученного сигнала в некоторую величину, удобную для передачи регистрирующему устройству. В качестве регистрирующих устройств применяются стандартные электронные потенциометры, мосты постоянного и переменного тока, частотомеры и счетчики импульсов [2]. Стабильность и надежность показаний расходомера при непрерывном автоматическом контроле определяется не только чувствительностью метода, на основе которого работает расходомер, но и другими обстоятельствами, к числу которых в первую очередь относятся тип чувствительно-преобразовательного элемента измерительного преобразователя, расположение и соответственно степень воздействия на профиль контролируемого потока.

При проведении измерений необходимо проводить коррекцию результатов в реальном режиме времени с учетом изменяющихся характеристик жидкой среды, расход которой необходимо оценивать.

В общем виде модель расходомерного устройства приведена на рис. 1. в виде блочной диаграммы. Блочная диаграмма содержит функциональные узлы, являющиеся источниками, приёмниками и средствами обработки данных. Также компонентами блочной диаграммы являются терминалы («задние контакты» объектов лицевой панели) и управляющие структуры (являющиеся аналогами таких элементов текстовых языков программирования, как условный оператор «IF», операторы цикла «FOR» и «WHILE» и т. п.). Функциональные узлы и терминалы объединены в единую схему линиями связей.

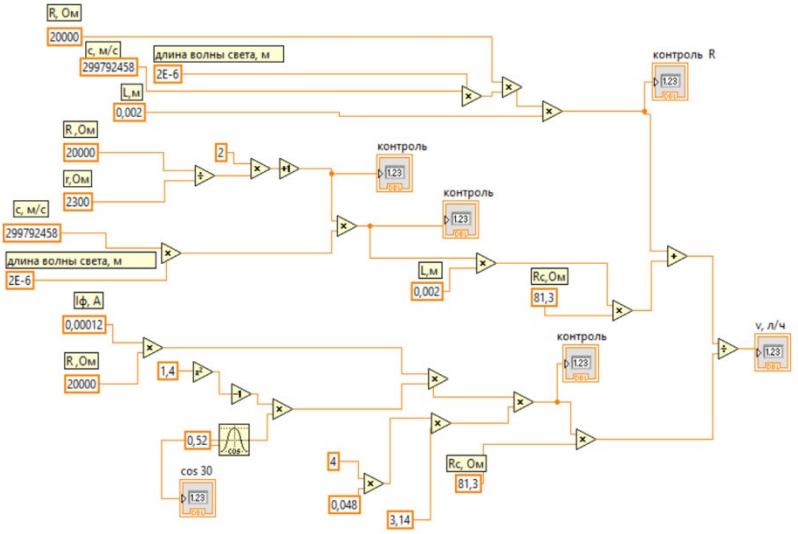


Рис. 1. Модель расходомерного устройства с коррекцией результата

Существенное влияние на результат может оказать изменение температур в ходе непрерывных измерений и, как следствие, изменение свойств жидкости. Так плотность определяют путем измерения параметров вещества и, прежде всего, давления и температуры. Для компенсации влияния внешних условий среды на результат измерения показания расходомера объемного действия надо вводить поправочный

множитель *M*, рассчитываемый как функцию от перечисленных ниже параметров:

$$M = f(K_P, K_T, K_C, K_B, K_X), \quad (1)$$

где K_P – коэффициент корреляции на изменение давления в замкнутой системе, K_T – коэффициент корреляции на изменение температуры, K_C – коэффициент сжимаемости (для газовых потоков), K_B – коэффициент влагосодержания (паросодержания), K_X – коэффициент состава газа (жидкости).

Рассмотренные в формуле 1 коэффициенты могут сочетаться в разных комбинациях и определяются экспериментально или на основании математического моделирования.

Заключение

Стабильность и надежность показаний расходомера при непрерывном автоматическом контроле определяется не только чувствительностью метода, на основе которого работает расходомер, но и другими обстоятельствами, к числу которых в первую очередь относятся тип чувствительно-преобразовательного элемента измерительного преобразователя, расположение и соответственно степень воздействия на профиль контролируемого потока. Особенно важно это для контроля расхода нефти и нефтепродуктов, где автоматизация затруднена из-за наличия взвесей, кристаллизации при появлении гидравлических сопротивлений и других нежелательных явлений [3].

Список литературы

1. Катыс Г. П., Кравцов Н. В., Ильинский В. М. Принципы построения оптических расходомеров// Измерения расхода жидкости, газа, пара. М.: 2012, 281-292 с.

2. Гончар Л.Л., Паневкин Н.А. Повышение точности расходомерных устройств, работающих в особо жестких условиях [Электронный ресурс] // Воронежский научно- технический вестник. - Т.1, N.1. 2017. С. 58-62. Режим доступа: http://vetnikvglta.ru/arhiv/1/58-68.pdf.

3. Гончар Л.Л. Перспективы развития расходомерного оборудования на объектах двойного назначения / Л.Л. Гончар, Н.А. Паневкин, Н.Д. Овчинников // «Системы гидрометеорологического экологического и аэрокосмического мониторинга : методологические

аспекты повышения качества функционирования»: сб. статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции «Академические Жуковские чтения» (Воронеж, 23-24 ноября 2016 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 2017.С. 38-40.

Разработка методики полунатурных испытаний высокоточной системы телеуправления

О. В. Горячев, email: olegvgor@ramber.ru [1]
В. В. Воробьев, email: vasvikt@inbox.ru [1]
А. К. Ломакин, email: hostel209@yandex.ru [1]
И. А. Меркулов, email: maicnine@gmail.com [1]

[1] ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Аннотация. *Предложена методика динамических испытаний и отработки помехозащищенности оптико-электронной системы высокоточного управляемого комплекса на заданных классах воздействий при малом потребном объеме экспериментов.*

Ключевые слова: *испытания, система телеуправления, оптико-электронная система, гарантированная точность.*

Введение

На всех этапах создания высокоточных систем, от НИР и ОКР до изготовления и контроля готовой продукции, используются лабораторно-стендовые динамические испытания [1]. Для испытаний командной оптикоэлектронной системы телеуправления (СТУ) подвижного объекта, функционирующей в условиях кинематических возмущений, шумов аппаратуры и световых помех, разработан полунатурный стенд. Стенд представляет собой комбинированную (физико-математическую) модель контура управления. Стенд включает натурную наземную аппаратуру управления (НАУ), математические (компьютерные) модели части звеньев СТУ (подвижного объекта, кинематических соотношений и возмущений), а также физические модели гироскопического раскладчика команд, рулевого привода, оптического канала связи, излучателей объекта и световых помех.

В процессе испытаний на СТУ воздействуют тестирующими сигналами типовой формы (линейным, равноускоренным, гармоническим и т.д.). Результаты диагностики с контролем точности СТУ в этом случае имеют локальный характер, так как производятся на узких классах регулярных воздействий. Статистические испытания СТУ предусматривают использование случайных воздействий. Оценки точности получаются усреднением по множеству и/или по времени реализаций сигнала ошибки. Такие испытания требуют большого

© Горячев О. В., Воробьев В. В., Ломакин А. К., Меркулов И. А., 2019

объема и длительности экспериментов и, как следствие, характеризуются трудоемкостью и снижением ресурса изделия и стенда.

Особенностью задачи испытаний СТУ является совместное воздействие на систему случайного входного сигнала (ошибки сопровождения цели), кинематических возмущений, внешних (естественных и/или организованных) подвижных световых помех, а также шумов аппаратуры. В связи с этим отметим достоинства метода полунатурного моделирования СТУ по сравнению с компьютерным моделированием. Полунатурный стенд воспроизводит физическую природу процессов оригинала и на этой основе более полно моделирует критические для точности и помехозащищенности системы ситуации. Например, это ситуация, когда в дальней зоне работы СТУ на подлете к цели накладываются несколько неблагоприятных факторов, таких как:

- - размах колебаний объекта относительно линии визирования близок к предельному;
- - в поле зрения НАУ находятся несколько подвижных световых помех;
- - световые помехи характеризуются дальностью от НАУ, кинематикой движения, мощностью и спектром излучения, которые близки к соответствующим характеристикам излучателя объекта;
- - высокий уровень шумов наземной и бортовой аппаратуры управления.

Точность СТУ оценивается отклонением объекта от линии визирования в окрестности цели. В качестве критерия точности СТУ целесообразно использовать предельную ошибку на заданном классе входного сигнала (ошибки сопровождения цели). Такой подход позволяет в процессе отработки СТУ контролировать диапазон мгновенной динамической ошибки. Заметим, что это не позволяет делать среднеквадратичный критерий точности. Далее будем считать, что определены кинематические возмущения по ускорению в каналах СТУ, а также известна спектральная плотность мощности входного сигнала.

1. Метод предельных отклонений

Метод предельных отклонений в настоящее время хорошо разработан для задач анализа и синтеза стационарных линейных и некоторых типов нелинейных систем [2]. Для определения предельной на заданном классе сигналов V ошибки используется т.н. расширенная система, а также вводится понятие гарантированной точности (ГТ) следящей системы, которая понимается как максимум модуля ошибки

слежения за сигналами $v(t)$ из класса V на заданном интервале времени T, который может быть и бесконечным

$$\Gamma(V,T) = \max_{v(t)\in V} \left(e(v(t)),T\right) = \max_{v(t)\in V} \max_{0\le t\le T} \left|e(t)\right| \qquad (1)$$

Критерий ГТ имеет ясный содержательный смысл. Это наибольшая (предельная) ошибка наведения объекта, которая может возникнуть:

- – - в детерминированной постановке задачи на заданном классе регулярных входных сигналов;
- – - в стохастической постановке – на множестве реализаций случайного входного сигнала с заданной спектральной плотностью.

В общем случае для экспериментальной оценки ГТ используется расширенная система в виде виртуального и/или полунатурного стенда. Она содержит линейное задающее устройство, последовательно соединённое с испытуемой системой. Причем вход ЗУ ограничен по уровню, $\left|u_{ЗУ}(t)\right| \le 1$, начальные условия нулевые. Определение структуры и параметров ЗУ производится известным методом по заданной спектральной плотности мощности входного сигнала [3].

Сигнал, обеспечивающий накопление ошибки в линейной стационарной системе, подается на вход ЗУ и имеет релейную форму:

$$u^0(t) = sign\left[w_{ви}(T \quad t)\right] \qquad (2)$$

где $w_{ви}(t)$ – весовая функция расширенной системы от входа u до выхода по ошибке e, $w_{ви}(t) = L^{\ 1}\left[W_{ви}(p)\right]$; L – преобразование Лапласа.

В стенд входит блок формирования импульсов (БФИ), который генерирует экстремальный разгоняющий тест-сигнал (2) на входе ЗУ. БФИ и ЗУ реализуются алгоритмически с помощью ПЭВМ стенда. В процессе испытаний на входе СТУ формируется экстремальный гладкий сигнал $v^*(t) \in V$, который разгоняет систему до предельной на заданном классе сигналов ошибки, т.е. до ГТ.

Значение функционала ГТ зависит от класса V и длительности наблюдения T, а также от вектора параметров регулятора $\mathbf{c} = (c_1, c_2, ..., c_k)$.

Заметим, что метод предельных отклонений разработан для линейных стационарных систем. Однако в нашем случае, испытуемая система и ЗУ являются существенно нестационарными, т.к. их параметры зависят от времени и могут изменяться скачкообразно. Несмотря на вышеизложенное, понятие ГТ сохраняет смысл и для

данного случая, поскольку оно основано на использовании весовой функции системы, которая сохраняет смысл и для систем нестационарных.

Однако для нелинейных систем использование указанного алгоритма не имеет строго обоснования. Поскольку в стенде предполагается использование натурных блоков СТУ, которые не могут быть линейными, хотя и близки к линейным, и параметры которых точно не известны, в данной работе предлагается использовать модифицированный алгоритм. Суть его состоит в получении исходной разгоняющей функции по линейной модели системы с дальнейшей её оптимизацией путём малых вариаций моментов переключений.

2. Методика статистических испытаний СТУ

Рассмотрим рациональную методику статистических испытаний СТУ, которая позволяет контролировать диапазон динамической ошибки и помехозащищенность системы при малом потребном объеме экспериментов. Методика предусматривает использование в стенде специальных, близких к экстремальным по критерию максимума ГТ, тестирующих сигналов из заданного класса $\nu^*(t) \square V$. Эти сигналы формируются БФИ и подаются на вход испытуемой СТУ. Тест-сигналы формируются с использованием метода предельных отклонений. Эти сигналы накапливают ошибку наведения объекта на заданных классе входных сигналов V и интервале времени наблюдения.

Процесс испытаний предусматривает подачу от БФИ на вход ЗУ детерминированного релейного тест-сигнала $u^0(t)$ вида (2) и регистрацию накопления динамической ошибки в условиях действия внутренних шумов натурной НАУ и внешних световых помех, которые двигаются по случайному закону.

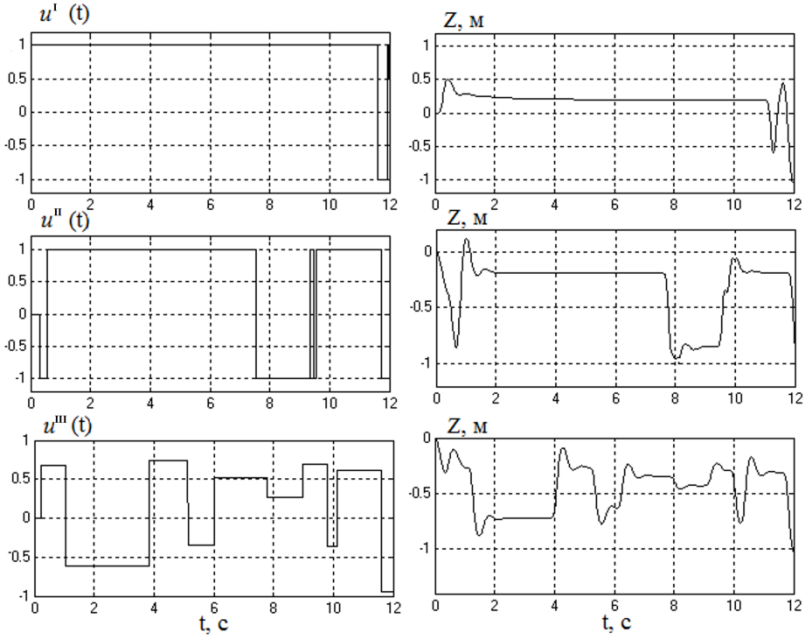
Расширенная программа испытаний СТУ с накоплением динамической ошибки предусматривает использование трех разновидностей тест-сигналов, которые подаются от БФИ на вход ЗУ:

- Тип I – детерминированный релейный сигнал;
- Тип II – стохастический сигнал релейной формы;
- Тип III – типовой входной случайный сигнал следящей системы.

Детерминированный релейный сигнал I, который имеет вид (2), формируется по линейной модели системы, которую обозначим как $M1$. Стохастические сигналы второго и третьего типов формируются на основе сигнала I.

Случайный сигнал II имеет релейную форму. Причем длительности интервалов постоянства (интервалов между моментами переключения

реле) образуют последовательность независимых случайных величин, которые подчиняются экспоненциальному закону распределения и имеют среднее значение, равное среднему интервалу постоянства сигнала I. Величина полки реле тест-сигнала равна максимально допустимому уровню сигнала на входе ЗУ. Случайный сигнал III формируется на базе среднего интервала постоянства сигнала I и представляет собой т.н. «типовой входной случайный сигнал следящей системы» с равномерно распределенными уровнями постоянства



а б

а) тестирующие сигналы ($u^{I}(t)$ - детерминированный сигнал типа I, $u^{II}(t)$ - реализация случайного сигнала типа II; $u^{III}(t)$ - реализация случайного сигнала типа III); б) отклонение объекта от линии

Рисунок. Осциллограммы сигналов.

Важно, что подход к стендовым испытаниям, основанный на воспроизведении эффектов от действия шумов аппаратуры, подвижных световых помех, фона и накопления динамической ошибки позволяет воспроизвести наиболее критическую жесткую из возможных ситуаций

в работе СТУ. Причем наибольший размах колебаний объекта относительно линии визирования достигается именно на участке подлета к цели, где наиболее критичными являются показатели точности и помехозащищенности.

Расширенная программа испытаний СТУ с использованием предложенного набора тестирующих сигналов повышает надежность результатов экспериментальной отработки системы. При этом для оценки диапазона мгновенной ошибки и помехозащищенности СТУ требуется относительно малый объем экспериментов.

3. Методика экспериментальной коррекции регулятора СТУ

Рассмотрим далее методику экспериментальной коррекции регулятора СТУ, которую можно применять как в виртуальном, так и в полунатурном стендах. Тест-сигнал вида (2), который получен по линейной модели $M1$ характеризуется множеством $T^0 = \{t_i^0\}_m$ моментов переключения (моментов смены знака). Будем использовать T^0 в качестве начального приближения для определения моментов переключения тест-сигнала $u^*(t)$, который предназначен для точностных испытаний полунатурной модели системы, которую обозначим как $M2$. Цель точностных испытаний состоит в оценке с помощью стенда предельной ошибки полной нелинейной $M2$ и коррекции на этой основе параметров регулятора в направлении ее уменьшения.

Коррекция параметров регулятора СТУ сводится к задаче численной оптимизации по минимаксному критерию

$$\Gamma_{opt} = \min_{\mathbf{c} \in R} \max_{\Delta T \in R^m} \Gamma(\mathbf{c}, T) < \delta \qquad (3)$$

где δ – положительная действительная постоянная, характеризующая требование к точности.

Управляемыми факторами в задаче (3) являются:

1) смещения $\Delta T = \{\Delta t_i\}_m$ в пространстве моментов переключения в окрестности начального приближения $T^0 = \{t_i^0\}_m$;

2) смещения $\Delta \mathbf{c} = \{\Delta c_j\}_k$ в пространстве параметров в окрестности начального приближения $\mathbf{c}^0 = \{c_i^0\}_k$. Вектор $\mathbf{c}^0$ получают в результате синтеза регулятора с помощью линейной $M1$ по критерию минимума ГТ.

Задача (3) решается на основе совместного использования данных испытаний, численных методов параметрической оптимизации, метода планирования эксперимента. Строится регрессионная модель (РМ), которая связывает критерий ГТ и параметры регулятора в окрестности вектора параметров $\mathbf{c}^0$, который определяется с помощью линейной $M1$. РМ позволяет просто найти решение оптимизационной задачи (3). Использование предложенных типов тест-сигналов позволяет проверить и уточнить найденное решение.

Заключение.

Предложена прикладная методика испытаний и отработки СТУ высокоточных управляемых комплексов на автоматизированном стенде для заданного класса (на множестве реализаций) входных сигналов и возмущающих воздействий. Методика позволяет повысить достоверность экспериментальных оценок при снижении затрат на отработку СТУ, для которой важна не только классическая оценка точности «в среднем», но и оценка диапазона динамической ошибки на заданном классе сигналов. Сформирован комплект тест-сигналов для точностных испытаний и испытаний на помехозащищенность СТУ.

Список литературы

1. Подчуфаров Б. М. Построение и использование физических имитационных систем : учеб. пособие / Б. М. Подчуфаров, Ю. Б. Подчуфаров, В. В. Воробьев. – Тула : Изд-во ТулГУ, 1986. – 96 с.

2. Воробьев В. В. Метод гарантированной точности для релейных следящих систем / В. В. Воробьев, Н. Н. Макаров, А. А. Парамонова // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – № 10 (127). – С. 32–38.

3. Макаров Н. Н. Синтез регулятора методом гарантированной точности. / Н. Н. Макаров, Н. Н. Макарова // Известия ТулГУ. – 2000. – Вып. 3, т. 2. – С. 41–51.

Система позиционного электропривода высокой точности на основе шагового электрического двигателя

О.В. Горячев, email: olegvgor@rambler.ru[1]
А.О. Степочкин, email: s.a.o.1984@yandex.ru[1]

[1]Тульский государственный университет

Аннотация. *Предложен вариант реализации позиционного электропривода на основе гибридного шагового электрического двигателя в разомкнутом контуре управления с использованием алгоритма минимизации резонансных явлений.*

Ключевые слова: *Шаговый двигатель гибридного типа, резонанс шагового двигателя, расчет картины магнитного поля шагового двигателя, разомкнутый контур управления шаговым двигателем, борьба с резонансом шагового двигателя.*

Введение

При реализации систем позиционного электропривода (ПЭП) на основе гибридных шаговых двигателей (ГШД) одной из основных задач, стоящих перед разработчиком, является минимизация либо полное устранение так называемых резонансных явлений, возникающих при совпадении частоты питающего напряжения обмоток статора ГШД с собственной частотой колебаний электромеханической системы машины, вызывающих падение величины развиваемого двигателем момента и пропуск шагов и зависящих, прежде всего, от его конструктивных параметров. Для её решения, как правило, применяется режим дробления шага ГШД (микрошаговый режим) для которого характерны такие недостатки как снижение максимальной мощности двигателя и повышенное тепловыделение обмоток статора. В настоящей работе для борьбы с резонансом предложено использовать специальный алгоритм управления ГШД в режиме полного шага, а для расчета необходимых для его реализации величин резонансных частот сформирована математическая модель ГШД с учетом конструктивных параметров, свойств конструкционных материалов и параметров обмоток двигателя.

1. Разработка математического описания ГШД

Математическая модель ГШД учитывающая конструктивные параметры, свойства конструкционных материалов и параметры

© Горячев О.В., Степочкин А.О., 2020

обмоток ГШД может быть построена на базе сочетания эквивалентных схем замещения (ЭСЗ) магнитной и электрической цепей ГШД [1]. Для её разработки и определения параметров предложена методика, включающая в себя:

1) анализ конструкции ГШД, физических свойств и характеристик применяемых при его изготовлении конструкционных материалов;

2) выбор известной базовой математической модели на основе ЭСЗ электрической цепи, анализ используемой при её формировании системы допущений и определение параметров, требующих уточнения;

3) численный расчет картины магнитного поля машины при заданных значениях величины тока обмотки статора с формулировкой выводов по структуре и параметрам магнитной системы и формированием соответствующей системы допущений:

4) разработка ЭСЗ магнитной системы машины;

5) формирование итоговой системы аналитических зависимостей на основе ЭСЗ электрической и магнитной цепей.

В соответствии с методикой выполнен анализ конструкции ГШД и разработана его трехмерная модель. Описаны магнитные свойства конструкционных материалов, использованных при изготовлении магнитопровода, а также параметры провода статорных обмоток. Сформирована ЭСЗ электрических цепей фаз A и B, отражающая распределение обмотки статора по пазам, что необходимо для формирования области расчета картины магнитного поля, представленная на рис. 1.

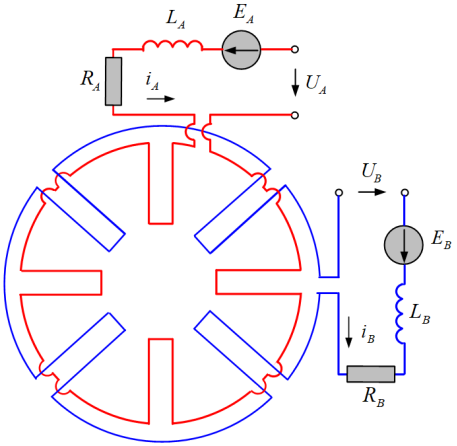


Рис. 1. ЭСЗ электрической цепи обмоток 2-х фазного ГШД

На рис. 1 – $U_A, U_B, i_A, i_B, R_A, R_B$ – напряжения, токи и активные сопротивления фаз двигателя. Представлена математическая модель на основе данной ЭСЗ в виде системы дифференциальных уравнений 3-го порядка. На её основе выполнена разработка имитационной Simulink-модели ГШД [2].

Средствами специализированного программного пакета для трехмерной модели ГШД с помощью численного метода конечных элементов (МКЭ) выполнены расчет и анализ картины магнитостатического поля ГШД (рис. 2).

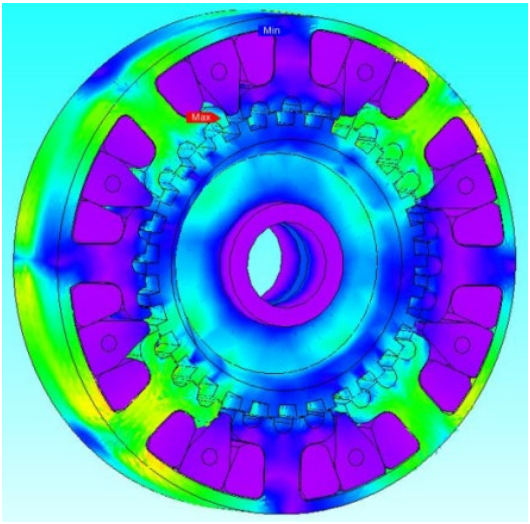


Рис. 2. Результаты расчета плотности распределения линий магнитной индукции по магнитопроводу ГШД в номинальном режиме работы

В соответствии с результатами анализа картины поля сделаны выводы о пути замыкания магнитного потока ГШД и величине магнитной индукции в заданных токах магнитопровода машины для номинального режима работы. На основе анализа конструкции и результатов расчета картины магнитостатического поля сформирована система допущений для описания структуры и параметров магнитной системы ГШД согласно которой разработана ЭСЗ магнитной цепи ГШД (рис. 3).

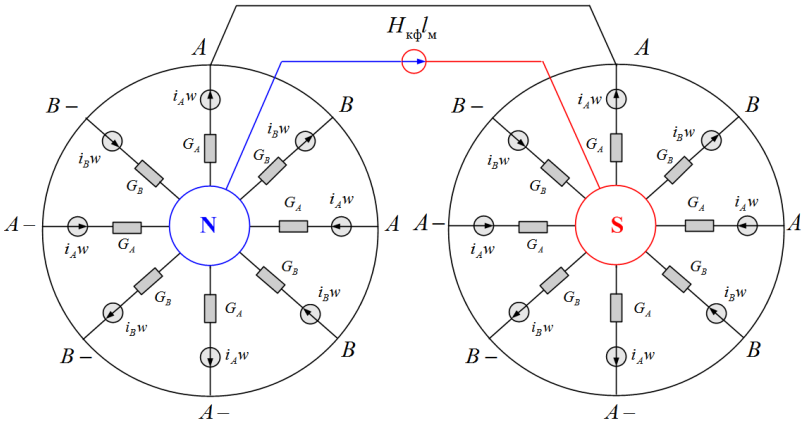


Рис. 3. ЭСЗ магнитной цепи ГШД

В соответствии с анализом геометрических соотношений в области воздушного зазора и результатов расчета магнитостатической картины поля сформирована система уравнений математической модели на основе совокупности ЭСЗ электрической и магнитной цепей с учетом полного количества секций двигателя. Полученная система уравнений по структуре повторяет математическую модель на основе ЭСЗ электрической цепи, однако, заданные в ней в качестве констант значения индуктивности L и потокосцепления ψ рассчитываются в соответствии с аналитическим выражением зависимости проводимости воздушного зазора G от угла поворота ротора двигателя θ.

С помощью ЭСЗ получены выражения для расчета магнитных сопротивлений и соответствующих им магнитных проводимостей зазоров полюсов ротора и статора

Выражения для расчета магнитных сопротивлений и соответствующих им магнитных проводимостей зазоров полюсов ротора и статора можно представить в виде:

$$\begin{cases} R_{A\,\text{экв}}(\theta) = \dfrac{h_{\text{заз}}}{((b_{\text{зр}}/2)+\theta) l_{\text{зр}} \mu_{\text{v}}}; \\ R_{B\,\text{экв}}(\theta) = \dfrac{h_{\text{заз}}}{((b_{\text{зр}}/2)+\theta) l_{\text{зр}} \mu_{\text{v}}}; \\ G_A(\theta) = \dfrac{1}{\sum R_{A\,\text{экв}}(\theta)}; \\ G_B(\theta) = \dfrac{1}{\sum R_{B\,\text{экв}}(\theta)}. \end{cases} \quad (1)$$

Где $R_{A\,\text{экв}}(\theta)$, $R_{B\,\text{экв}}(\theta)$ – магнитные сопротивления воздушного зазора между ротором и статором, $h_{\text{заз}}$ – высота воздушного зазора, $b_{\text{зр}}$ – ширину зубца ротора, $l_{\text{зр}}$ – длина зубца ротора, число витков обмотки одной фазы, μ_{v} – относительная магнитная проницаемость воздуха.

Система уравнений математической модели на основе ЭСЗ электрической и магнитной цепей имеет вид:

$$\begin{cases} \psi_A(\theta) = (2 i_A \text{w} + H_{\text{кф}} l_m) \text{w} G_A(\theta); \\ \psi_B(\theta) = (2 i_B \text{w} + H_{\text{кф}} l_m) \text{w} G_B(\theta); \\ L_A(\theta) = w^2 G_A(\theta); \\ L_B(\theta) = w^2 G_B(\theta); \\ U_A = i_A R_A + L_A(\theta) \dfrac{di_A}{dt} + \omega p \psi_A(\theta) \sin(p\theta); \\ U_B = i_B R_B + L_B(\theta) \dfrac{di_B}{dt} - \omega p \psi_B(\theta) \cos(p\theta); \\ M_{\text{Э}} = \psi_B(\theta) p i_B \cos(p\theta) - \psi_A(\theta) i_A \sin(p\theta) - M_{\text{ст max}} \sin(2p\theta); \\ J_{\text{дв}} \dfrac{d\omega}{dt} = M_{\text{Э}} - M_{\text{С}}. \end{cases}, \quad (2)$$

Модель (1) и (2) позволяет варьировать следующие конструктивные параметры двигателя: высоту воздушного зазора $h_{\text{заз}}$, ширину зубца ротора $b_{\text{зр}}$, длину зубца ротора $l_{\text{зр}}$, число витков обмотки одной фазы w, параметры постоянного магнита ротора $H_{\text{кф}}$ и $l_{\text{м}}$.

Имитационная модель ГШД в пакете расширения MATLAB Simulink на основе уравнений (1) и (2) представлена на рис. 4.

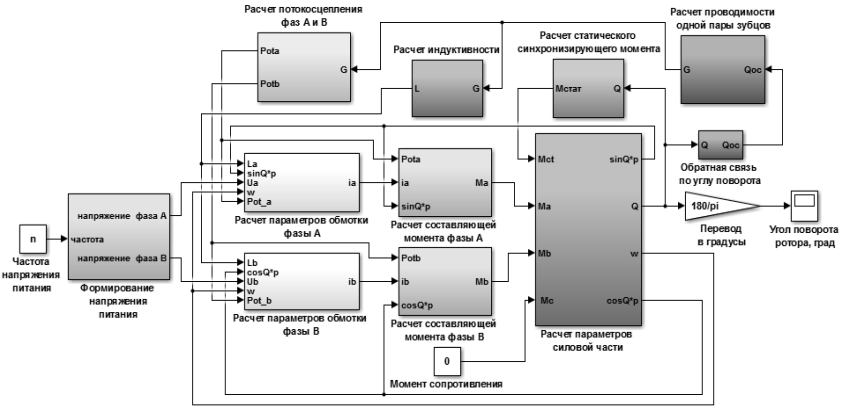


Рис. 4. Simulink-модель ГШД на основе ЭСЗ электрической и магнитной цепей машины

Для проверки адекватности модели выполнено сравнение расчетных динамических характеристик с экспериментальными и паспортными данными на двигатель, в результате которого сделан вывод о корректности модели, т.к. расхождение результатов не превышает величину 5%. Представленные динамические характеристики также соотносятся с паспортными данными по номинальной величине момента и угла поворота ротора. С помощью полученной модели СС выполнен расчет механических характеристик как непосредственно ГШД, так и системы ПЭП в целом [3]. Получен частотный диапазон работы привода. Расчетная механическая СС ПЭП на основе ГШД представлена на рис. 5.

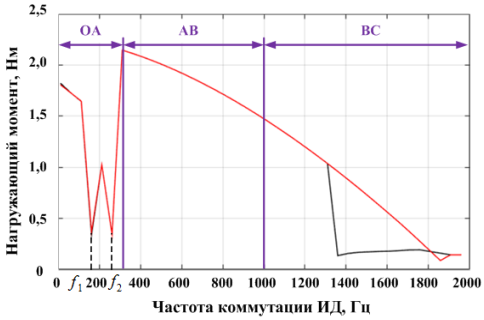


Рис. 5. Расчетная механическая характеристика ПЭП на основе ГШД

Анализ характеристик ГШД показал наличие у ЭПНС резонансных областей на низких и средних частотах входного сигнала в диапазоне 0..350Гц (соответствует зоне ОА).

2. Алгоритм управления ПЭП на основе ГШД

Для обеспечения требуемых характеристик системы ПЭП по быстродействию и точности предложен вариант реализации разомкнутого контура управления ГШД с алгоритмом управления, позволяющим минимизировать резонансные явления на частотах, рассчитанных с помощью полученной модели [4].

Анализ расчетной механической характеристики (рис. 5) показал наличие 2-х резонансных частот f1 и f2, следовательно, при достижении частотой коммутации данных значений будет наблюдаться пропуск шагов, что недопустимо при реализации ПЭП. Для работы системы в данной области предложен способ управления ИД, позволяющий устранить это явление. Для его реализации при достижении частотой подачи фазных напряжений рассчитанной частоты наступления резонанса выполняется смещение по времени фазных напряжений друг относительно друга на заданную величину, таким образом, что число электрических состояний на рассматриваемый период не изменяется и соответствует режиму управления без применения дробления шага, а длительность шагов последовательно чередуется при условии сохранения их количества на периоде 4Т (рис. 6).

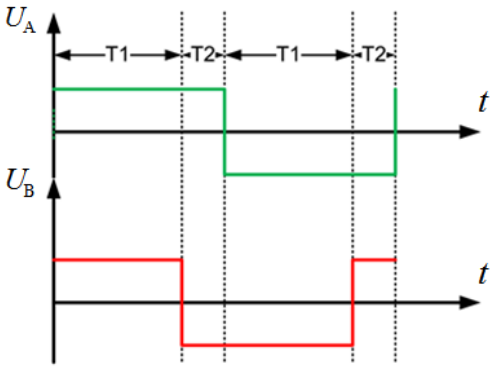


Рис. 6. Принцип формирования напряжения для фаз обмоток статора ГШД при чередующейся частоте шагов

Для верификации данных теоретических положений были получены экспериментальные характеристики работы ПЭП в области резонансных частот, представленные на рис. 7.

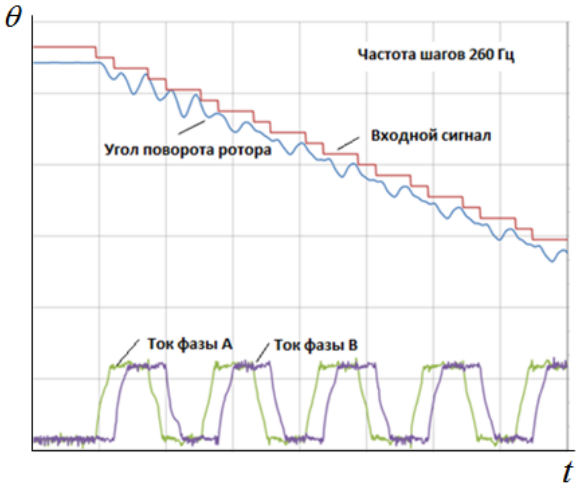


Рис. 7. Экспериментальный переходный процесс на частоте резонанса 260 Гц при предложенном алгоритме управления

Из анализа рис. 7 можно сделать вывод, что предложенное техническое решение позволяет, сохранив общее число шагов на периоде 4Т и номинальную скорость вращения ротора, последовательно чередовать длительность шагов в пределах одного периода, вследствие чего, предотвратить потерю развиваемого момента и пропуск шагов ГШД при его работе в системе ПЭП.

Заключение

В работе была рассмотрена возможность реализации системы ПЭП на основе ГШД с использованием алгоритма управления ИД, позволяющего минимизировать резонансные явления в системе, путем смещения по времени моментов подачи фазных напряжений друг относительно друга при достижении ими области частот резонансных явлений. Расчет резонансных частот предлагается выполнить с помощью разработанной математической модели ГШД на основе сочетания ЭСЗ магнитной и электрической цепей, устанавливающей связь между конструктивными параметрами машины и её статическими, динамическими и частотными характеристиками.

Список литературы

1. Степочкин А.О. Расчет параметров математической модели электрического шагового двигателя гибридного типа на основе анализа картины магнитостатического поля. С. В. Волков, О. В. Горячев, А. Г. Ефромеев, А. О. Степочкин // Мехатроника, автоматизация и управление. Том 20. №8. 2019 г. С. 482-489. (Статья в научном издании из перечня ВАК).

2. Степочкин А.О. Моделирование работы шагового электрического двигателя гибридного типа в пакете Simulink. А.О.Степочкин // Изве-стия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – Выпуск 8. С. 308-315. – Библиография С. 315. (Статья в научном издании ВАК)

3. Степочкин А.О. Микропроцессорная система управления электрическим следящим приводом стабилизации и наведения ОЭС на основе шагового двигателя гибридного типа. А.Г. Ефромеев, А.О. Степочкин // Материалы докладов III Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных и специалистов организаций – ассоциированных членов РАРАН «Молодёжь. Наука. Инновации в оборонно-промышленном комплексе». С. 44-54.

4. Способ управления 2-х фазным шаговым электрическим двигателем [Текст] : пат. 2708380 Российская Федерация : МПК H02P 8/00, H02P 8/22, H02P 8/08 Горячев О.В., Ефромеев А.Г., Морозов О.О., Степочкин А.О.. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУВО Тульский государственный университет – № 2019107098 ; заявл. 12.03.2019 ; опубл. 06.12.2019.

Анализ способов повышения точности определения местоположения радиоэлектронных средств при ведении радиотехнической разведки с воздушных носителей

К.Д. Грицун,
В.Н. Похващев, mlst@rambler.ru
Д.Н. Швыряев, no_pasaran_36@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье проведен анализ способов определения, местоположения радиоэлектронных средств, рассмотрены их основные достоинства и недостатки, а также проведена оценка возможности их реализации в существующих бортовых комплексах радиотехнической разведки.*

Ключевые слова: *Ключевые слова: радиоэлектронные средства, местоположение, радиотехническая разведка, дальность.*

Задача определения местоположения радиоэлектронных средств (РЭС), является достаточно важной и актуальной для любых сфер деятельности, как для обеспечения эффективного применения высокоточного оружия, применения средств радиоподавления, так и для осуществления поисково-спасательных мероприятий, обеспечения навигации воздушных и морских судов.

В каждом конкретном случае, решение указанной задачи осуществляется исходя из условий применения и особенностей построения аппаратуры, используемой при достижении поставленной цели. Основной характеристикой оценки эффективности реализации того или иного способы определения местоположения радиоэлектронных средств в разведывательных (поисковых) комплексах является ошибка определения координат источника радиоизлучения. Таким образом, выбор способа определения местоположения радиоэлектронных средств при решении задачи синтеза разведывательного (поискового) комплекса, является оптимизационной задачей, заключающейся в максимизации точности определения координат объекта разведки (поиска), при соблюдении ограничений по выделенным на разработку экономическим и массогабаритным ресурсам.

© Грицун К. Д., Похващев В. Н., Швыряев Д. Н., 2020

Опыт эксплуатации авиационных комплексов радиотехнической разведки (РТР), свидетельствует о недостаточной эффективности их в условиях быстро меняющейся боевой и радиоэлектронной обстановки.

Следовательно, целью представленной работы является анализ способов повышения точности определения местоположения радиоэлектронных средств при анализе полетных заданий воздушных судов ВВС РФ.

Наиболее простым с точки зрения реализации в станции РТР воздушного базирования является метод, основанный на многократном измерении пеленга РЭС или как его еще называют *триангуляционный метод*.

При реализации этого метода местоположение РЭС на земной поверхности определяется, как точка пересечения нескольких линий наложения (линий направлений на РЭС). (Рисунок 1.)

Напомним, что пеленгом называется угол между заданным (выбранным) направлением и направлением на объект – источник электромагнитного излучения. Заданным направлением может быть направление меридиана (географического или магнитного) или продольная ось летательного аппарата. Таким образом, метод многократного измерения пеленга, применяемый на станции РТР воздушного базирования можно представить в виде (рисунок 2).

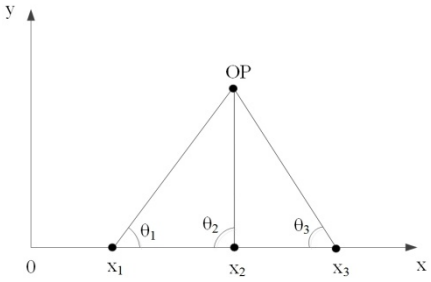


Рис. 1. Иллюстрация триангуляционного метода

Исходя из всего вышеизложенного и используя теорему синусов,

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}, \qquad 1$$

где *a, b, c* – стороны треугольника, α, β, γ – соответствующие углы треугольника.

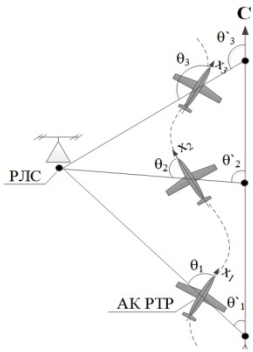


Рис. 2. Применение триангуляционного метода относительно курса самолета

Дальность до разведываемого объекта РЭС вычисляется следующим образом:

$$D\left(x_1OP\right)=\frac{(\mathrm{x}_1\times\mathrm{x}_2)\times\sin\theta_2}{\sin(180\text{-}(\theta_1+\theta_2))} \tag{2}$$

$$D\left(x_2OP\right)=\frac{(\mathrm{x}_1\times\mathrm{x}_2)\times\sin\theta_1}{\sin(180\text{-}(\theta_1+\theta_2))} \tag{3}$$

$$D\left(x_3OP\right)=\frac{(\mathrm{x}_1\times\mathrm{x}_2)\times\sin\theta_3}{\sin(180\text{-}(\theta_1+\theta_3))} \tag{4}$$

Выражения (2)-(4) справедливы в случае крайне узкой диаграммы направленности, которую можно достичь путем применения лазерных технологий. В реальной же аппаратуре РТР диаграмма направленности имеет некоторую ширину, которая увеличивается в зависимости от дальности до источника излучения радиосигнала (так называемый эффект дифракции радиоволн) (Рисунок 3).

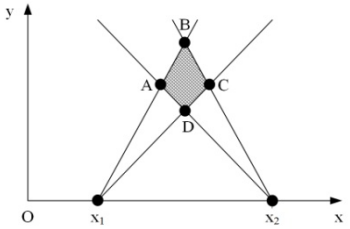


Рис. 3. Иллюстрация триангуляционного метода определения дальности с учетом дифракционных свойств антенны

Таким образом, область определения местоположения объекта РТР при использовании данного метода ограничивается областью многоугольника (как показано на рисунке 3 ABCD). В связи с этим, при условии гауссовского распределения ошибок линии положения (пеленга), определяемой диаграммой направленности антенны станции РТР, среднеквадратическое отклонение (СКО) определения местоположения источника излучения на местности по двум пеленгам определяется выражением:

$$\sigma_M = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2r\sigma_1 \times \sigma_2 \times \cos\gamma}}{\sin\gamma} \tag{5}$$

где σ_1 и σ_2 – дисперсии линейных ошибок определения первой и второй линии положения; r – коэффициент взаимной корреляции случайных ошибок определения линии положения; γ – угол пересечения линий положения.

При использовании данного метода ошибки определения пеленгов коррелированны (пеленги определяются в разных точках маршрута, в разные моменты времени), то есть $r = 0$.

Линейные ошибки положения σ_1 и σ_2 соответственно равны:

$$\sigma_1 = D(x_1 D) \times \sigma_{\theta 1}, \tag{6}$$

$$\sigma_2 = D(x_2 D) \times \sigma_{\theta 2}, \tag{7}$$

где D(*) – дальность до разведываемого объекта РЭС; θ – угол пеленга на источник радиолокационного излучения.

Причем в данном случае СКО определения углов θ_1 и θ_2 можно считать равными, то есть $\sigma_{\theta 1} = \sigma_{\theta 2} = \sigma_\theta$.

Следовательно, для одной пары пеленгов:

$$\sigma_M = \frac{\sigma_\theta \times \sqrt{D^2 \times (x_1 \times D) + D^2 \times (x_2 \times D)}}{\sin \gamma} \quad (8)$$

Для К пар пеленгов ошибка определения места уменьшается в $\sqrt{K}$ раз, то есть:

$$\sigma_M(K) = \sigma_M \times \frac{1}{\sqrt{R}} \quad (9)$$

Таким образом, на основании всего выше изложенного можем заключить, что достоинствами данного метода определения дальности до разведываемого РЭС является простота реализации и приемлемая точность, но только для специализированных задач типа организации радиоэлектронного подавления (РЭП). К недостаткам данного метода следует отнести невозможность определения дальности до источника радиолокационного сигнала из одной точки маршрута самолета разведчика (т.е. сравнительно большое время разведки одного РЭС противника).

Следующим методом определения дальности до разведываемых РЭС является угломестный метод или как его еще называют угломерно-дальномерный. Сущность этого метода заключается в том, что помимо угла приема радиолокационного сигнала (пеленга на источник радиолокационного излучения) на борту самолета разведчика определяется и угол места разведываемого РЭС, что позволяет определять дальность с одной точки маршрута. (Рисунок 4).

Из рисунка 4 видно, что самолет разведчик, выполняя полет по маршруту на высоте Н, принимает радиолокационные сигналы от объектов РТР с направления θ (пеленг на РЛС) и угла места ε. Задача определения дальности до РЛС в этом случае сводится к определению горизонтальной дальности D_r.

Таким образом, используя свойство тангенса, $D_\text{г}$ определяется по формуле:

$$D_r = H \times tg\varepsilon \quad (10)$$

Учитывая ошибки определения местоположения РЛС (на рисунке 4 область возможных ошибок показана затемненным овалом), СКО определения дальности до разведываемого РЭС определяется следующим выражением:

$$\sigma_{Dr} = H \times \frac{1}{\cos^2 \varepsilon} \times \sigma_\varepsilon \quad (11)$$

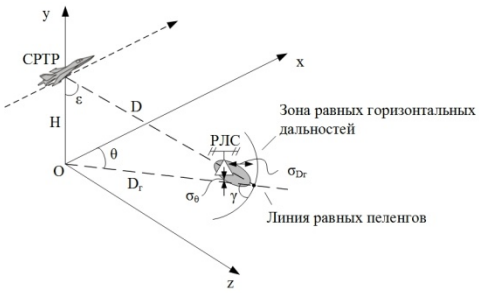


Рис. 4. Иллюстрация угломерно-дальномерного метода определения дальности до РЭС

Следовательно, учитывая выражение (8) СКО местоположения объекта РТР в прямоугольных координатах находится следующим образом:

$$\sigma_M = \frac{\sqrt{H^2 \times \frac{1}{\cos^4 \varepsilon} \times \sigma_\varepsilon^2 + D_r \times \sigma_\theta^2}}{\sin \frac{\pi}{2}} \qquad (12)$$

В случае если учесть, что $\cos\varepsilon = \frac{H}{D'}$ то выражение (12) примет вид:

$$\sigma_M = \sqrt{\frac{D^4}{H^2} \times \sigma_\varepsilon^2 + D_r \times \sigma_\theta^2} \qquad (13)$$

Таким образом, на основании анализа выражений (11)-(13) следует отметить, что эффективность данного метода во многом зависит от дальности до разведываемого РЭС $\sqrt{D^4}$. Кроме того данный метод обеспечивает удовлетворительную точность определения дальности до РЛС на расстоянии $D_{r\leq}(5-8)H$. Все это значительно ограничивает область применения указанного метода по эшелонам управления противника, в частности данный метод будет эффективен при разведке тактического звена управления.

Таким образом, проведенный анализ показал, что каждый из рассмотренных в работе способов определения местоположения РЭС, при наличии определенных достоинств и недостатков, можно

использовать в существующих средствах и комплексах анализа полетной информации в зависимости от условий эксплуатации станции РТР воздушного базирования и необходимой точности местоопределения РЭС, определяемой требованиями к информационному обеспечению, обслуживаемых систем (комплексов).

Список литературы

1. Родионов, В.Г. Радиотехническая разведка. Активные помехи РЛС управления войсками : учебное пособие / В.Г. Родионов, И.Н. Грошев – Тамбов : ТВВАИУ, 1994. – 183 с.

2. Мельников, Ю.П. Воздушная радиотехническая разведка (методы оценки эффективности) ; монография / Ю.П. Мельников – М. : Радиотехника, 2005. – 304 с.

Модель безубыточной работы свеклосахарного производства

Громковский А. А. e-mail: aag68@bk.ru [1]
Костылева Л. Н. e-mail: kostyleva12@yandex.ru[1]
Громковская Н. А. e-mail: n.gromkovskaya@mail.ru[2]

[1] ФГКОУ ВПО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия
[2] ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

Аннотация. *В работе построена математическая модель безубыточности производства сахара из свеклы, учитывающая специфику моделируемой предметной области. На основе данных производственного учета выполнен анализ безубыточности производства для типовых сахаропроизводящих предприятий сахаропроизводящего комплекса России.*

Ключевые слова: *Моделирование, производство сахара, безубыточность, экономический анализ производства.*

Введение.

Объем сахара, произведенного в России из отечественного сырья, в течение нескольких последних лет превышает потребности населения и перерабатывающих отраслей, использующих сахар как сырье. За два прошедших года количество нереализованного сахара превысило 1 млн. т. Рыночная цена сахара стала снижаться, возник риск убыточной работы сахарных заводов, образовался дефицит оборотных средств, как следствие, банкротство предприятий и прекращение производственной деятельности. В этих условиях возникли повышенные требования к эффективности управления производством за счет применения математических методов планирования и прогнозирования для обеспечения безубыточной работы.

1. Обоснование экономической модели функционирования сахаропроизводящего комплекса.

Главной задачей производственной деятельности предприятий является получение прибыли. Поэтому решение задачи управления целесообразно рассматривать на основе экономической модели прибыли. В общем случае, величина прибыли предприятия *П*

© Громковский А. А., Костылева Л. Н., Громковская Н. А., 2020

определяется, как разность выручки от реализации произведенной продукции R и общих издержек производства C:

$$П = R - C \quad (1)$$

На основе уравнения (1), с использованием математических методов [1-3], закономерностей технологических процессов и основных принципов учета производства, можно построить экономическую модель производства сахара из свеклы.

В теоретической экономике различают два вида прибыли: бухгалтерскую и экономическую. Бухгалтерская прибыль используется для составления внешней отчетности предприятия перед государственными органами контроля. Методика расчета бухгалтерской прибыли регламентируется правительственными постановлениями и международными стандартами. Экономическая прибыль и ее анализ предназначены для выявления неиспользованных резервов производства для повышения экономической эффективности работы предприятия за счет эффективного управления.

С точки зрения экономической теории сезонное производство считается краткосрочным с совершенной конкуренцией [3] при которой предусматривается реализация сахара при постоянной отпускной цене $p_{сх}$. В этих условиях доход от реализации 1 т сахара для всех заводов РФ должен быть постоянным, равным цене сахара. Экономическую прибыль отдельного сахарного завода можно увеличивать за счет увеличения выпуска сахара и количества перерабатываемой свеклы.

Выручка от реализации R определяется при постоянной стоимости сахара уравнением:

$$R = p_{сх} \cdot A \cdot t \cdot \frac{Bx}{100} \quad (2)$$

где A – производственная мощность завода, т.свеклы/сут; t - длительность сезона, сут; Bx – выход сахара, %; $p_{сх}$ – отпускная цена сахара, р/т.

Общие издержки производства C складываются из двух составляющих: постоянных издержек F, которые не зависят от объема производства и переменных издержек V:

$$C = F + V \quad (3)$$

Постоянные издержки F зависят от задач, для решения которых применяется математическая модель. Можно выделить три основных задачи:

1. проектирование и реконструкция сахарных заводов;
2. управление производством;

3. проведение аудита с целью определения неэффективных операций при управлении.

Цель решения первой задачи – определение оптимальной производительности сахарного завода, определение затрат на строительство и реконструкцию, от которых зависит величина амортизационных отчислений. Затраты на строительство и реконструкцию определяют срок окупаемости, величину амортизационных отчислений *Am* и размер кредита *Kr*, который необходим для выполнения строительно-монтажных работ.

При решении задач управления предприятием постоянные издержки должны также включать амортизационные отчисления, кредиты, размер арендной платы *Ap*. Особенность функционирования сахарного завода состоит в том, что переработка сырья осуществляется в течение 4 – 6 месяцев текущего сезона производства, а реализация готовой продукции и получение выручки происходит в течение всего календарного года. Завод вынужден хранить готовый продукт, получая непроизводительные затраты на хранение. Кроме того, из оборота выводятся значительные средства. Это снижает ликвидность оборотных средств. Постоянные затраты аналогичны дебиторской задолженности *Дб*. С учетом изложенного постоянные издержки можно выразить уравнением:

$$F = Am + Kr + Ap + Дб \qquad (4)$$

где *Am* – величина амортизации (износа) основных фондов, р; *Ap* – размер арендной оплаты за пользование землей, водными ресурсами, р; *Kr* – погашение кредитов, р; *Дб* - дебиторская задолженность, р.

Переменные издержки включают суммарные затраты на сырье, энергию, вспомогательные материалы, заработную плату за вычетом суммы от реализации отходов производства – мелассы и гранулированного жома [2].

Сезонность, непрерывность технологического процесса и агрессивное воздействие продуктов на оборудование и коммуникации отражается в структуре переменных затрат. После окончания текущего сезона и перед началом очередного сезона, проводится капитальный ремонт оборудования с заменой изношенных узлов. Для реализации данного технического мероприятия создается бюджетный фонд оборотных средств $Б_и$. Эти средства, а также фонд заработной платы *ФЗп*, необходимо включать в переменные издержки.

Расчет издержек ведется с учетом производительности завода *A*, длительности сезона производства *t* и выхода сахара *Bx*. Для расчета переменных издержек свеклосахарного производства получено аналитическое выражение в виде [2]:

$$V = \left(\frac{100 \cdot p_{св}}{Bx} + \frac{(T + T_{ж}) \cdot p_T}{1{,}14 \cdot Bx} + \frac{Б_{и}}{A \cdot t \cdot 0{,}01Bx} + \frac{ФЗп}{A \cdot t \cdot 0{,}01Bx} - \frac{M \cdot p_M}{Bx} \right) \cdot A \cdot t \cdot \frac{Bx}{100} \qquad (5)$$

где $p_{св}$ – цена свеклы, р/т; p_T - цена топлива, р/м^3 газа; p_M - цена мелассы, р/т; $p_{ж}$ - цена гранулированного жома, р/т; $Б_{и}$ – бюджетные инвестиции предприятия на данный сезон, включающие затраты на ремонт, затраты на приобретение фильтровальных тканей, каустической соды, пеногасителей, серы и серной кислоты, антинакипина, затраты на обеспечение работы лаборатории, стоимость известняка и топлива для его обжига, р; *ФЗп* – фонд заработной платы на сезон производства, р; T – расход условного топлива на получение тепловой и электрической энергии, %; $T_{ж}$ – расход условного топлива на сушку жома, %; M – выход мелассы (отход производства), %; $Ж$ – выход гранулированного жома, %; m_y – масса упаковки, кг; p_y – цена упаковки, р.

Уравнение (5) отражает полную технологическую себестоимость.

Подставив соотношения (2), (4) и (5) в уравнение (1), получим уравнение экономической прибыли сахарного завода за сезон:

$$П = \mathrm{p_{сх}} At \frac{\cdot Bx}{100} - \left(\frac{100 \cdot p_{св}}{Bx} + \frac{(T + T_{ж}) \cdot p_T}{1{,}14Bx} + \frac{Б_{и}}{A \cdot t \cdot 0{,}01Bx} + \frac{ФЗп}{A \cdot t \cdot 0{,}01Bx} - \frac{M \cdot p_M}{Bx} \right) \qquad (6)$$

Из уравнения (6) видно, что величина прибыли зависит, прежде всего, от производственной мощности завода A и длительности сезона производства t. Первое слагаемое прибыли в уравнении (6) отражает выручку от реализации сахара, которая прямо пропорциональна произведению At. Себестоимость сахара в целом пропорциональна произведению At. Влияние бюджета и заработной платы, входящих в уравнение себестоимости, обратно пропорциональны произведению At. Однозначно определить влияние производственной мощности и длительности сезона производства при такой структуре уравнения невозможно. Для упрощения анализа целесообразно внести произведение $A \cdot t \frac{Bx}{100}$ в скобки. После этого уравнение (6) будет иметь вид:

$$П = \left(p_{сх} \cdot A \cdot t \frac{Bx}{100} - (F + Б_{и}) - \left(p_{св} + \frac{(T + T_{ж}) \cdot p_T}{1{,}14 \cdot 100} - \frac{M \cdot p_M}{100} \right) A \cdot t + \frac{1000 \cdot p_y}{m_y} + ФЗп \right) \qquad (7)$$

Уравнение (7) является математической моделью экономики сезонного производства сахара. С помощью этой модели можно решать три задачи, приведенных выше. При работе сахарной отрасли в условиях перепроизводства нарушается закон совершенной конкуренции и предприятия стремятся увеличить объем реализации за

счет снижения цены сахара. При этом возникает задача определения минимальной цены сахара, до которой можно проводить снижение. Такая цена сахара называется безубыточной.

Условие безубыточности производства сахара имеет вид $П = 0$, убытки равны нулю. При $П = 0$ безубыточная цена сахара $P_{сх}^{бу}$ определяется уравнением:

$$P_{сх}^{бу} = \frac{F + Б_и + \left(p_{св} + \frac{(Т + Т_{ж}) \cdot p_Т}{1{,}14 \cdot 100} - \frac{М \cdot p_М}{100} - \frac{Ж \cdot p_{ж}}{100} \right) \cdot А \cdot t + \frac{1000 \cdot p_у}{m_у} + ФЗп}{А \cdot t \cdot \frac{Вх}{100}} \quad (8)$$

Таблица.

Расчетные значения безубыточной цены сахара.

Завод	Общий расход топлива, %	Производственная мощность, т. свеклы/сут	Фактический выход сахара, %	Цена свеклы, р/т	Длительность сезона, сут	Безубыточная цена сахара, р/т
Завод 1	5,05	10000	15	1800	120	15122
Завод 1	5,05	10000	15	2000	120	16476
Завод 1	5,05	10000	15	2250	120	18142
Завод 1	5,05	10000	15	2500	120	19496
Завод 2	5,45	3000	15	1800	120	16236
Завод 2	5,45	3000	15	2000	120	17550
Завод 2	5,45	3000	15	2250	120	18908
Завод 2	5,45	3000	15	2500	120	21009
Завод 3	4,00	3000	15	1800	120	18543
Завод 3	4,00	3000	15	2000	120	19876
Завод 3	4,00	3000	15	2250	120	23210
Завод 3	4,00	3000	15	2500	120	25789

На основе уравнения (7), были определены показатели безубыточности трех сахарных заводов. Завод 1, производственной мощностью 10000 т.свеклы/сутки и завод 2, производственной мощностью 3000 т.свеклы/сутки, реконструированы с применением

современных технологий и внедрением в свеклоперерабатывающем отделении прессов глубокого отжатия, с выпуском гранулированного жома. Завод 3, производственной мощностью 3000 т.свеклы/сутки, частично реконструирован с преобразованием четырехкорпусной выпарной установки в пятикорпусную по проекту 1985 года. По уравнению (8) рассчитаны безубыточная цена сахара при цене свеклы 1800 р/т, что соответствует себестоимости свеклы для Краснодарского края [2]; 2000 р/т, что соответствует себестоимости свеклы для ЦЧР; 2250 р/т, что соответствует себестоимости свеклы для предприятий ЦЧР, использующих 50 % выращенной собственной свеклы и 50 % давальческой свеклы, стоимостью 2500 р/т. Данные по безубыточной цене сахара для этих заводов приведены в таблице.

2. Выводы и рекомендации.

Получено аналитическое выражение экономической прибыли свеклосахарного производства, позволяющее прогнозировать экономическую эффективность управления заводом. Сравнительная оценка результатов производственной деятельности заводов показала

Безубыточная цена сахара завода производственной мощностью 10000 т.свеклы/сутки при прочих равных условиях ниже цены завода производственной мощностью 3000 т.свеклы/сутки. Условия совершенной конкуренции при кризисе перепроизводства нарушаются. Сахарные заводы большой производственной мощности могут и, безусловно, будут продавать сахар по более низкой цене, чтобы обеспечить финансовый блок оборотных средств. При этом заводы меньшей производственной мощности будут вынуждены продавать сахар по цене заводов высокой производительности и нести убытки, которые могут привести к банкротству.

Список литературы

1. Громковский, А. И. Оценка эффективности свеклосахарного производства / А. И. Громковский, А. А. Громковский, М. Г. Матвеев // Сахар. - 2017. - № 4. – С. 56 - 59.

2. Громковский, А. И. Оценка эффективности свеклосахарного производства с учетом урожайности свеклы и длительности сезона / А. И. Громковский, А. А. Громковский, Н. А. Громковская // Сахар. - 2018. - № 2. – С. 42 - 45.

3. Громковский, А. И. Экономическая оценка эффективности технологических процессов производства сахара из свеклы / А. И. Громковский, А. А. Громковский, С. В. Круглик // Сахар. - 2019. - № 9. – С. 48 - 51.

Прогностическое итерационное моделирование параметров движения атмосферы

Громковский А. А. e-mail: aag68@bk.ru
Костылева Л. Н. e-mail: kostyleva12@yandex.ru
Мозиков Б. В.

ФГКВОУ ВО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *Проведено исследование прогностических моделей скорости движения атмосферы. По экспериментальным данным метеорологических наблюдений для временного ряда скорости ветра рассчитаны критерии качества построенных прогностических моделей. Рассмотрена возможность использования полученной прогностической модели скорости ветра для реализации краткосрочного прогноза при условии приближения стационарности ряда динамики исследуемой метеорологической величины.*

Ключевые слова: *Моделирование, краткосрочное прогнозирование, временные ряды метеорологических величин, стационарность временного ряда, оценивание параметров прогностической модели, анализ модели.*

Введение.

Построение прогноза динамики метеорологической величины можно реализовать с помощью анализа временного ряда наблюдений их значений. Спецификация прогностической модели осуществляется на основе вычисления выборочной автокорреляционной функции (ACF) и частной автокорреляционной функции (PACF), построения их графиков с последующим анализом и выбором из заданного набора прогностических соотношений [3]. После выбора вида модели из заданного набора осуществляется оценивание ее параметров, проводиться анализ прогностических качеств построенной модели. Корректная реализация процедуры построения прогностической модели зависит от стационарности (нестационарности) рассматриваемого ряда динамики [1, 2, 3].

1. Разработка прогностических моделей.

Построение прогноза величин скорости и направления ветра целесообразно реализовать на основе итерационного подхода к

© Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мозиков Б. В., 2020

построению прогностических моделей. В основу такого способа прогнозирования положена методика Бокса-Дженкинса [1]. Данная методика предполагает определение прогнозируемого значения исследуемой метеорологической величины на основе нескольких предыдущих значений данной величины (модель авторегрессии, АР(n)), либо на основе предыдущих значений случайной компоненты модели и среднего значения прогнозируемой величины (модель скользящего среднего, СС(m)), либо комбинации предыдущих значений прогнозируемой величины и случайных компонент (модель авторегрессии и скользящего среднего, АРСС(n, m)). Порядок прогностической модели n и m определяется количеством уровней ряда, используемых для построения прогноза. Итерационность предполагает реализацию процедуры спецификации прогностической модели на основе ряда заданных соотношений, после чего для нескольких отобранных моделей реализуется процедура оценки параметров, далее проводится анализ построенных прогностических моделей, по результатам которого выбирается наилучшая модель.

Структурная идентификация прогностической модели скорости ветра осуществлялась на основе анализа автокорреляционной функции (АКФ, ACF) и частной автокорреляционной функций (ЧАКФ, PACF) исследуемого ряда метеорологических наблюдений. АКФ временного ряда наблюдений скорости ветра демонстрирует осциллирующее затухание при увеличении лага в положительной области значений коэффициентов автокорреляции ряда. ЧАКФ ряда скорости ветра показывает значимый выброс на первом лаге с последующим осциллирующим затуханием в области

Параметры отобранных прогностических моделей оценивались методом максимального правдоподобия [3]. Были получены следующие модели:

После реализации процедуры оценивания были получены следующие прогностические модели скорости ветра. Формулы (1) – (6) отражают модели авторегрессии, формулы (7) – (8) модель скользящей средней, формула (9) – комбинированная модель.

$$y_t = 0{,}912 y_{t-1} + \varepsilon \tag{33}$$

$$y_t = 0{,}811 y_{t-1} + 0{,}110 y_{t-2} + \varepsilon \tag{34}$$

$$y_t = 0{,}792 y_{t-1} + 0{,}041 y_{t-2} - 0{,}030 y_{t-3} + 0{,}134 y_{t-4} + \varepsilon \tag{35}$$

$$y_t = 0{,}768y_{t-1} + 0{,}046y_{t-2} - 0{,}037y_{t-3} - 0{,}008y_{t-4} + 0{,}18y_{t-5} + \varepsilon \quad (36)$$

$$y_t = 0{,}733y_{t-1} + 0{,}048y_{t-2} - 0{,}03y_{t-3} - 0{,}017y_{t-4} + 0{,}029y_{t-5} + \\ + 0{,}195y_{t-6} + \varepsilon \quad (37)$$

$$y_t = 0{,}704y_{t-1} + 0{,}043y_{t-2} - 0{,}027y_{t-3} - 0{,}012y_{t-4} + 0{,}022y_{t-5} + \\ + 0{,}087y_{t-6} + 0{,}148y_{t-7} + \varepsilon \quad (38)$$

$$y_t = 2{,}762 + 0{,}913\varepsilon_{t-1} + 0{,}537\varepsilon_{t-2} + \varepsilon \quad (39)$$

$$y_t = 2{,}762 + 0{,}928\varepsilon_{t-1} + 0{,}819\varepsilon_{t-2} + 0{,}928\varepsilon_{t-3} + 0{,}819\varepsilon_{t-4} + \varepsilon \quad (40)$$

$$y_t = 0{,}938y_{t-1} - 0{,}157\varepsilon_{t-1} + \varepsilon \quad (41)$$

2. Анализ прогностических моделей параметров движения атмосферы.

Для простроенных моделей была проведена оценка значимости параметров на основе проверки статистических гипотез с использованием двусторонней t-статистики критерия Стьюдента. Основная выдвигаемая гипотеза H_0 – о незначимости соответствующего коэффициента модели, альтернативная гипотеза H_1 – о значимости коэффициента. При уровне значимости α = 0,01 незначимое отличие от нуля получено для коэффициента при уровне y_{t-4} для прогностической модели авторегрессии АР(5) скорости ветра. Незначимость этого коэффициента не оказывает принципиального влияния на прогностические качества модели. Все коэффициенты построенных моделей при уровне значимости α = 0,01 статистически значимы. Получены значимые, надежные статистические оценки параметров прогностических моделей скорости ветра.

После оценки значимости параметров построенных прогностических моделей скорости ветра на основе выбранных соотношений, была выполнена оценка их погрешности. На основе наблюдений метеорологических величин контрольной выборочной совокупности для каждой модели были определены средняя абсолютной ошибка (САО), средняя квадратичная ошибка (СКО). Результаты оценки погрешностей прогностических моделей скорости ветра представлены в табл. 1.

Таблица 1

Погрешности прогностических моделей скорости ветра.

Модель	АР(1)	АР(2)	АР(3)	АР(4)	АР(5)	АР(6)	АР(7)
САО	1,48	1,42	-	1,44	1,37	1,41	1,38
СКО	1,90	1,82	-	1,84	1,75	1,79	1,75
Модель	СС(2)	СС(4)	АРСС (1;1)				
САО	2,51	2,42	1,49				
СКО	3,19	3,11	1,92				

Из табл. 1 видно, что при анализе моделей авторегрессии, скользящей средней, авторегрессии-скользящей средней по показателям САО и СКО наименьшую оценку погрешности показывает прогностическая модель авторегрессии пятого порядка АР(5).

3. Оценка приближения стационарности прогностических моделей скорости ветра.

Прогностические модели скорости ветра построены при условии стационарности рассматриваемого временного ряда метеорологических наблюдений данного показателя. Для проверки корректности такого приближения построенных прогностических моделей необходимо оценить стационарность исследуемого ряда динамики скорости ветра. Были получены соответствующие характеристические уравнения моделей.

Характеристическое уравнение модели АР(1):

$$1-0{,}912z=0 \tag{42}$$

Характеристическое уравнение модели АР(2):

$$1-0{,}81z-0{,}11z^2=0 \tag{11}$$

Характеристическое уравнение модели АР(4):

$$1-0{,}79z-0{,}041z^2+0{,}03z^3-0{,}134z^4=0 \tag{12}$$

Характеристическое уравнение модели АР(5):

$$1-0{,}77z-0{,}05z^2+0{,}04z^3+0{,}008z^4-0{,}18z^5=0 \tag{13}$$

Характеристическое уравнение модели АР(6):

$$1-0{,}73z-0{,}05z^2+0{,}03z^3+0{,}02z^4-0{,}03z^5-0{,}2z^6=0 \tag{14}$$

Характеристическое уравнение модели АР(7):

$$1-0{,}7z-0{,}04z^2+0{,}03z^3+0{,}01z^4-0{,}02z^5-0{,}09z^6-0{,}15z^7=0 \tag{15}$$

Характеристическое уравнение модели СС(2):

$$1 - 0{,}91z - 0{,}54z^2 = 0 \quad (16)$$

Характеристическое уравнение модели СС(4):

$$1 - 0{,}93z - 0{,}82z^2 - 0{,}93z^3 - 0{,}82z^4 = 0 \quad (17)$$

Для всех построенных характеристических уравнений были получены корни, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Корни характеристических уравнений прогностических моделей авторегрессии скорости ветра.

Корень	АР(1)	АР(2)	АР(4)	АР(5)	АР(6)	АР(7)
1	1,095	1,074	1,045	1,030	1,019	1,014
2		8,406	2,007	1,428	1,496	1,514
3			1,882	1,428	1,458	1,514
4			1,882	1,624	1,458	1,192
5				1,624	1,254	1,192
6					1,254	1,429
7						1,429

Таблица 3

Корни характеристических уравнений прогностических моделей скользящей средней скорости ветра.

Корень	СС(2)	СС(4)
1	1,363	1,379
2	1,363	1,379
3		1,251
4		1,251

Таблица 4

Корни характеристических уравнений прогностических моделей авторегрессии-скользящей средней скорости ветра.

	Скорость ветра
Корень	
АР	1,065
СС	6,346

Из табл. 2 - 4 видно, что корни характеристических уравнений для всех рассматриваемых прогностических моделей скорости ветра находятся вне круга единичного радиуса. Требования стационарности временного ряда значений исследуемого показателя динамики

атмосферы предполагает, что корни характеристического уравнения прогностической модели должны быть по модулю больше единицы. Полученные результаты анализа демонстрируют, что для рассматриваемого временного ряда наблюдений скорости ветра возможно корректное использование модели авторегрессии для прогнозирования в приближении стационарности.

Заключение.

В соответствие с принятой методикой измерения метеорологической величины прогностическая модель может быть использована для краткосрочного прогноза скорости ветра на временном интервале прогнозирования в несколько часов (3 – 4 часа). В работе рассматривались прогностические итерационные модели высоких порядков. Построение и анализ таких моделей не представляет большой сложности при использовании современного программного обеспечения и вычислительной техники.

Требование стационарности временного ряда значений исследуемой метеорологической величины предполагает, что корни характеристического уравнения прогностической модели должны быть по модулю больше единицы. Полученные результаты для построенных прогностических моделей показывают, что для исследуемого временного ряда значений скорости ветра возможно корректное использование модели авторегрессии для построения прогноза в приближении стационарности на данном временном интервале рассмотрения.

Список литературы

1. Матвеев, М. Г. Разработка и исследование статистических моделей нестационарного многомерного временного ряда атмосферных температур в условиях неоднородности / М. Г. Матвеев, Е. А. Сирота // Информационные технологии. - 2014. - № 12. - С. 20–24.

2. Громковский, А. А. Моделирование стохастической динамики изменения температуры воздуха для Центрально-Черноземного региона РФ / А. А. Громковский, М. М. Зозуля // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XVIII международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2018. – т. 2. – С. 118 – 123.

3. Hamilton, J. D. Time Series Analysis / J. D. Hamilton. – Princeton.: Princeton University Press, 1994. - 816 p.

Обоснование технических параметров системы защиты военных и государственных объектов от несанкционированных действий малогабаритных БЛА комического назначения

Е.В. Губанов, gubanovevgen@mail.ru,
О.И. Павельев,
В.Н. Похващев, mlst@rambler.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье проведено обоснование технических требований к элементам системы защиты военных и государственных объектов от несанкционированных действий малогабаритных беспилотных летательных аппаратов коммерческого назначения.*

Ключевые слова: *радиоэлектронные средства, генератор, радиокомпоненты, СВЧ-излучение, беспилотные летательные аппараты, электромагнитное поле.*

Научно-технический прогресс и современные технологии все больше внедряются в нашу жизнь, создавая вокруг нас область невероятного комфорта и безопасности. И действительно, сегодня отсутствие возможности быть на связи со своими друзьями, близкими создает ощущение серьезного дискомфорта, как для самого человека, так и для лиц его окружающих, взаимодействующих с ним по различным вопросам. В настоящее время уже никого не удивляют, роботизированные системы, осуществляющие сложную (точную) работу, на предприятиях, беспилотные комплексы проводящие мониторинг дорожной обстановки, геологоразведывательные мероприятия и многое другое. Однако то, что нам помогает чувствовать себя комфортно в современном мире, создаёт, порой множество проблем, связанных в первую очередь с конфиденциальностью некоторого рода информации, относящейся к государственной, коммерческой тайне и личной жизни.

Так, например, в настоящее время стало серьезной проблемой, неконтролируемые полеты беспилотных летательных аппаратов (БЛА) самолетного или мультикоптерного типа, над режимными объектами (военными аэродромами, атомными электростанциями, учреждениями исполнения наказания). В первую очередь основная угроза от пролета

© Губанов Е. В., Павельев О. И., Похващев В. Н., 2020

данных средств, возникает вследствие отсутствия информации о целевой нагрузке БЛА (видеокамера, устройство съема информации, станция помех) и их целей (сбор информации, доставка грузов и т.д.). Существующие государственные и ведомственные органы противодействия не в полной мере могут воспрепятствовать действиям данных средств в локальной области пространства, так как злоумышленники, используют все более новые и изощренные способы управления данными роботизированными системами.

Таким образом, целью представленной работы является техническое обоснование требований к средству функционального поражения, в интересах создания системы защиты военных и государственных объектов от несанкционированного воздействия малогабаритных БЛА коммерческого типа.

К средствам функционального поражения в первую очередь относятся средства использующие лазер или высокопотенциальные электромагнитные поля – электромагнитное оружие (ЭМО).

ЭМО – это оружие, которое выводит из строя радиоэлектронные средства (РЭС), поражая их чувствительные элементы сильными электромагнитными полями (ЭМП). Эффект воздействия ЭМО на РЭС основан на изменении физико-химических свойств электрорадиоматериалов. При облучении мощными ЭМП в электрорадиоматериалах происходят фазовые превращения, иными словами переход из одного фазового состояния в другое, например, проводника в сверхпроводник или полупроводника в проводник. Фазовое состояние вещества определяется взаимным расположением атомов в молекуле. При воздействии ЭМП первоначальное равновесное фазовое состояние нарушается с ростом плотности потока энергии $П$ (Дж/см^2) и в некоторой критической точке $П=П_{кр}$ происходит лавинообразное формирование новой устойчивой фазы.

Известно, что современные радиоэлектронные средства, в том числе система геопозиционирования, передачи данных и управления БЛА на 80% состоит из полупроводниковых элементов, созданных на основе кристаллокремния, так называемые микрочипы. Таким образом, рассмотрим варианты реализации модуля функционального поражения для БЛА коммерческого типа, с учетом обеспечения требований безопасности для окружающих.

Известно, что для успешной реализации потенциальных возможностей защиты военных и государственных объектов модуль ФП должен иметь в своем составе установку генерации мощного СВЧ-излучения, которая включает в себя генератор мощных импульсов (ГМИ), сильноточный электронный ускоритель (СЭУ),

электродинамическую структуру (ЭДС) и антенную систему, подсистему информационного обеспечения (ПСИО) и устройство управления (УУ) параметрами излучения и наведения антенны на поражаемый объект [1].

Вариант структурной схемы модуля ФП показана на рисунке 1.

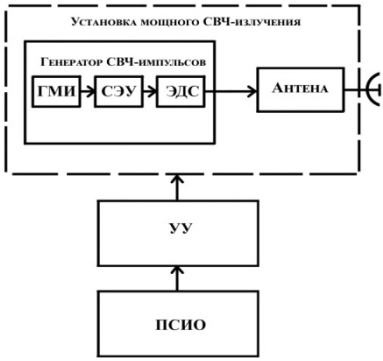


Рис. 1. Структурная схема модуля функционального поражения

Основным элементом средства функционального поражения является генератор, который может быть создан на основе:

- виркатора;
- гиротрона;
- SOS-диода;
- черенковского генераторы;
- плазменного сверхмощного СВЧ генератора.

При соответствующем подборе параметров конструкции и режима генерации виркатор может создавать импульс с пиковой мощностью до 40 ГВт в дециметровом и сантиметровом диапазонах волн. Благодаря высокой скорости нарастания тока в тандемах виркатор – взрыво-магнитный генератор (ВМГ) возможна генерация сверхкоротких радиоимпульсов, длительность которых ограничена временем плавления анода. Однако в качестве примера следует указать, что для виркаторного генератора с несущей 5 ГГц и мощностью 10 ГВт конус поражающего действия электромагнитного излучения имеет диаметр до 500 метров в основании на расстоянии нескольких сотен метров от точки подрыва (напряженность поля, наведенного на кабели и антенны в этом основании, достигает 1–3 кВ/м).

Таким образом, электромагнитные боеприпасы потенциально обладают значительно большим радиусом поражения РЭС, чем традиционные, однако для достижения их максимальной эффективности необходимо выводить боеприпас по возможности как можно ближе к объектам поражения с помощью высокоточных систем наведения [1].

Принцип действия SOS-генераторов основан на эффекте наносекундной коммутации сверхплотных токов в полупроводниковых приборах. SOS-эффект представляет собой качественно новый вариант коммутации тока – развитие процесса стремительного падения тока происходит не в низколегированной базе полупроводниковой структуры, как в других приборах, а в ее узких высоколегированных областях. База и p-n-переход остаются при этом заполненными плотной избыточной плазмой, концентрация которой приблизительно на два порядка превышает исходный уровень легирования. Эти два обстоятельства и приводят к сочетанию высокой плотности коммутируемого тока с наносекундной длительностью его отключения [2].

Другое важное свойство SOS-эффекта – в том, что стадия срыва тока характеризуется автоматическим равномерным распределением напряжения по последовательно соединенным полупроводниковым структурам. Это позволяет создавать прерыватели тока с напряжением мегавольтного уровня путем простого последовательного соединения SOS-структур (рисунок 2).

Рис. 2. Конструкция SOS – диода

Данная конструкция – это последовательная сборка элементарных диодов, взаимно стянутых диэлектрическими шпильками между двумя пластинами-электродами.

Показатели коммутируемого тока SOS-диоде – 5,5 кА, время его срыва (падения с 0,9 до 0,1 амплитуды) – 4,5 нс. Скорость коммутации – 1200 кА/мкс, что приблизительно на три порядка превышает токовый градиент в обычных быстродействующих тиристорах. Самый мощный из разработанных на сегодня SOS-диодов при площади структуры 4 $см^2$ имеет рабочее напряжение 200 кВ и коммутирует ток 32 кА, что соответствует коммутируемой мощности 6 ГВт. Конус поражающего

действия электромагнитного излучения имеет диаметр до 800 метров [2].

Структурная схема SOS-генератора представлена на рисунке 3.

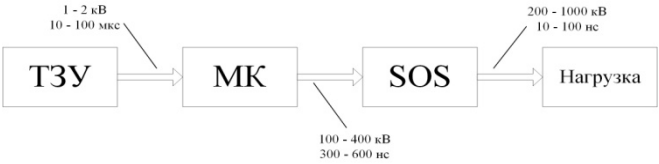


Рис. 3. Структурная схема SOS-генератора

Тиристорное зарядное устройство (ТЗУ) осуществляет дозированный отбор энергии от источника питания, котораязатем за время 10-100 мкс при напряжении 1-2 кВ поступает на магнитный компрессор (МК). Последний сжимает энергию во времени до 300-600 нс и повышает напряжение до сотен киловольт. SOS-диод выступает в роли оконечного усилителя мощности, переводя энергию в диапазон времени 10-100 нс и повышая напряжение в 2-3 раза.

Введение в состав ЭМИ-генератора звена магнитной компрессии продиктовано необходимостью согласования параметров выходного импульса ТЗУ с параметрами импульса накачки SOS-диода. По мере сжатия энергии в МК происходит удвоение напряжения в каждой ячейке. В общем случае выходное напряжение МК, без учета активных потерь энергии, в 2n раз выше входного (где n– число конденсаторных ячеек). Примечательно, что МК не требует дополнительных цепей для перемагничивания сердечников магнитных ключей, поскольку в данной схеме этот процесс происходит автоматически благодаря разным направлениям протекания зарядного и разрядного токов через любой из ключей. Еще одна отличительная особенность схемы МК состоит в двойном сжатии энергии во времени на каждой конденсаторной ячейке за счет перезаряда нижних конденсаторов. Поэтому двух конденсаторных ячеек уже достаточно для временного уплотнения энергии на два порядка.

Важная задача, возникающая при передаче энергии от МК к полупроводниковому коммутатору, – схемная реализация двухконтурной накачки прерывателя в режиме усиления обратного тока. Между выходом МК и SOS-диодом подключают конденсатор обратной накачки СН и магнитный ключ обратной накачки MS- (или импульсный трансформатор). После насыщения ключа прямой накачки MS+, являющегося выходным коммутатором МК, энергия из последней

ячейки компрессора переводится в конденсатор СН. При этом ток заряда I+ конденсатора СН одновременно является током прямой накачки SOS-элемента. Нарастающим напряжением на СН ключ MS-перемагничивается. После его включения в SOS-диод вводится обратный ток I–, который превышает I+ в несколько раз, и энергия конденсатора СН переводится в индуктивность контура обратной накачки (индуктивность обмотки насыщенного ключа MS- или добавочная катушка индуктивности). После срыва тока SOS-диодом энергия передается в нагрузку в виде короткого наносекундного импульса [2].

Опыт противодействия малогабаритным БЛА коммерческого назначения свидетельствует о том, что необходимо создать средством функционального поражения в районе расположения объекта поражения на расстоянии 1118 метров сильное электромагнитное поле, плотность потока которого $П_{вх}$ соответствует критическому значению элемента бортового радиоэлектронного оборудования $П_{кр}$, при котором поражаемый элемент выходит из строя, т. е.

$$П_{вх} \geq П_{кр} \qquad 1$$

Ориентировочно можно считать, что надежное ФП РЭС, содержащих полупроводниковые элементы, происходит при значении плотности потока энергии $П_{кр} \leq 10^{-6}$ Дж/см^2 [3]. В расчетах использовано значение $П_{кр} = 10^{-6}$ Дж/см^2, а также не было учтено влияния усилительных свойств приемной антенны облучаемого РЭС.

Для определения необходимого энергетического потенциала $Э_{фп}$ модуля ФП, обеспечивающего поражения БЛА на заданной дальности R, воспользуемся формулой 2.

$$Э_{фп} = \frac{4\pi K_и П_{кр} R^2_{зад}}{K_{осл} G}, \qquad (2)$$

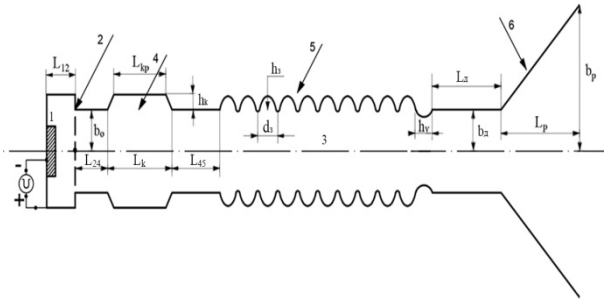
где $П_{кр}$ – критическое значение плотности потока энергии в плоскости размещения поражаемого элемента, при котором БЛА безвозвратно выходит из строя. $K_и$ – коэффициент использования ЭМП, который показывает ослабление поля с учетом влияния на него пространственно-временных характеристик антенно-фидерного тракта, диаграммы направленности антенны, частотных и поляризационных характеристик, $K_{осл} \leq 1$ – коэффициент ослабления энергии ЭМП при распространении по трассе длиной R G – коэффициент усиления антенны. Подставляя исходные данные в формулу (2) $П_{кр}=10^{-6}$ Дж/см^2, $K_и=K_{осл}=1$, $R_{зад}=1118$ м, $G_н=1250$, получим $Э_{фп}=125{,}6$ Дж.

Таким образом, для решения поставленной задачи нужен генератор СВЧ-импульсов и антенна, удовлетворяющие условиям 3 и 4.

$$Э_{фп} \geq 125,6\ Дж \tag{3}$$

$$G_{н} \geq 1250 \tag{4}$$

Рассмотрим черенковский генератор с выходным рупором, схема которого изображена на рисунке 4 [4].



1, 2 – катод и анод, формирующие трубчатый электронный поток 3; 4 – модулирующая канавка (возможны две); 5 – периодическая замедляющая гребенка; 6 – выходной рупор.

Рис. 4. Схема черенковского генератора

На вход области взаимодействия в виде отрезка полого цилиндрического гофрированного волновода 5 подается электронный поток 3, сформированный электронной пушкой 1, 4. В области взаимодействия 5 реализуются условия синхронизма электронного потока с одной из пространственных гармоник возбуждаемого электромагнитного поля. Вывод СВЧ-мощности производится через выходной рупор 6. Канавка 4 как играет роль заграждающего катод фильтра для E_{0i}-волны, так и создает начальную модуляцию электронного пучка, образуя совместно с областью 5 и участком дрейфа двухкаскадный генератор с обратной связью по отраженной волне.

В схеме классического ЛОВ-О генератора в области 5 реализуется синхронизм с обратной волновой гармоникой, характеризующейся тем, что направление ее фазовой скорости обратно направлению мощности, переносимой полным волновым полем. В такой схеме реализуется естественная обратная связь и эффективная генерация.

В ЛБВ-генераторе в области 5 реализуется синхронизм с попутной волновой гармоникой, а обратная связь осуществляется за счет

отражения части СВЧ-мощности от нерегулярного участка волновода и обратного излучения электронов пучка.

На самом деле в черенковских генераторах, реализуется довольно сложный комбинированный ЛБВ-ЛОВ-О и гирорезонансный механизм, при котором несколько гармоник поля (как синхронных, так и несинхронных) участвуют во взаимодействии направляемого магнитостатическим полем B_0 релятивистского электронного потока с возбуждаемым ВЧ-электромагнитным полем.

Для обеспечения преимущественно прямолинейного движения пучка вдоль области взаимодействия, необходимого для обеспечения условия реализации черенковского механизма генерации, используется фокусирующее продольное магнитное поле со значительной величиной магнитной индукции B_0. Безусловно, при заведомо больших значениях B_0 пучок будет иметь незначительный поперечный разброс электронов, однако при этом возможно потребуются специальные системы охлаждения. Поэтому важным является выбор наименьшего значения магнитного поля, обеспечивающего требуемые характеристики релятивистского электронного потока.

Представленный генератор на рисунке 4 имеет следующие параметры: рабочая частота f=9,97 ГГц, величина фокусирующего магнитного поля для этой частоты, соответствующая значению F=1 равна B_0≈0,35 Тл. Внутренний радиус волновода b_0= 5 см, гофрированный участок имеет $n_з$=10 гофров высотой $h_з$=1,59см и периодом $d_з$=2,996 см; ширина, высота и параметр крутизны модулирующей канавки h_k=1,723 см, L_k=9,92 см, $\Delta_k=L_{kp}/L_k$=0,8, ее расстояние от начала гребенки L_{45}=7,15 см; ток пучка I_0=1500А, L_{12}=4,37 см; L_{24}=5,02 см; L_v=2,996 см; L_o=10,58 см; b_o=6,59 см; L_p=12,59 см; b_p=17,5 см [4].

Рупорная антенна представляет собой участок волновода переменного (расширяющегося) сечения с открытым излучающим концом. Как правило, рупорную антенну возбуждают волноводом, присоединенным к узкому концу рупора. По форме рупора различают Е-секториальные, Н-секториальные, пирамидальные и конические рупорные антенны. Рупорные антенны очень широкополосны и весьма хорошо согласуются с питающей линией – фактически, полоса антенны определяется свойствами возбуждающего волновода. Для этих антенн характерен малый уровень задних лепестков диаграммы направленности (до -40 dB) из-за того, что мало затекание ВЧ-токов на теневую сторону рупора. Черенковский генератор согласуют с пирамидальным рупором (рисунок 5) с размерами L_E=35 см, L_H=35 см.

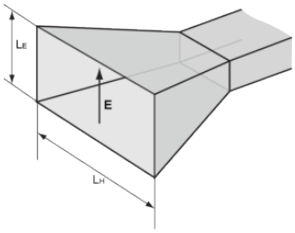


Рис. 5. Пирамидальный рупор

Усиление рупорной антенны определяется площадью её раскрыва и может быть рассчитано по формуле 5:

$$G = 4\pi \frac{S}{\lambda^2} \upsilon \tag{5}$$

где $S=L_E L_H$- площадь раскрыва рупора. λ – длина волны основного излучения, υ – 0,4-0,8 КИП (коэффициент использования поверхности рупора). Так как f=9,97ГГц, то по формуле $\lambda = \frac{c}{f}$, где c – скорость света, получим λ=3 см. Подставляя исходные данные в формулу (5), получим G=1368. Так как $G>G_н$, то условие 4 выполнено. В расчетах используется КИП=0,8, так как применяется рупор больших размеров.

Следующим этапом рассчитаем ДН антенны. Ширина главного лепестка ДНА по нулевому излучению в плоскости Н:

$$2_{\varphi 0H} = 170° \frac{\lambda}{L_H} = 14{,}6° \tag{6}$$

Ширина главного лепестка ДНА по нулевому излучению в плоскости Е:

$$2_{\varphi 0E} = 115° \frac{\lambda}{L_E} = 9{,}9° \tag{7}$$

Черенковский генератор с выходным рупором с такими параметрами, которые описаны выше, имеет следующие показатели: $P_и$~30 ГВт, $\tau_и$~20 нс, КПД=25% [2].

Для выполнения поставленной задачи необходим энергетический потенциал $Э_{фп}$=125,6 Дж, с помощью него найдем из формулы $P_н = \frac{Э_{фп}}{\tau_и}$ необходимую мощность при длительности импульса $\tau_и$~20

нс. Получили $P_н$=6,28 ГВт. С учетом КПД генератор рассмотренный выше выдает P=7,5 ГВт, следовательно условие 3 выполнено $P > P_н$.

Таким образом, проведенный анализ показал, что наибольшей эффективностью, необходимой для создания средства функционального поражения малогабаритных БЛА коммерческого назначения, обладает именно черенковский генератор с выходным рупором следовательно при разработке системы защиты военных и государственных объектов от несанкционированного воздействия малогабаритных БЛА коммерческого назначения необходимо рассматривать именно это устройство в качестве основного.

Список литературы

2. Куприянов, А. И. Радиоэлектронная борьба. Основы теории : учебник для вузов / А. И. Куприянов, Л. Н. Шустов. – М. : Вузовская книга, 2011. – 800 с.

3. Канавец, В.И. Генераторы и усилители на релятивистских электронных потоках : учебник для вузов / В.И. Канавец. – М. : МГУ, 1987. – 187 с.

4. Батура, М.П., Оптимизация релятивистских черенковских генераторов на нерегулярных гофрированных волноводах с учетом закритических мод / М.П. Батура, А.А. Кураев, И.В. Лущицкая, А.К. Синицын // Сборник докладов БГУИР. Минск, 2004. – № 4 (8). – С. 26-36.

5. Батура, М.П., Кураев А.А., Синицын А.К. Моделирование и оптимизация мощных электронных приборов СВЧ : учебник для вузов / М.П. Батура, А.А. Кураев, А.К. Синицын. – Минск : БГУИР, 2006. – 275 с.

Оценка влияния качества информационного обмена на обоснованность принимаемых решений при управлении авиацией

М. А. Данилин, e-mail: maxxxl78@mail.ru,
А. Н. Татаринов, e-mail: maxxxl78@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Рассматривается подход к оценке обоснованности принимаемых решений на пунктах управления авиацией в условиях неопределенности. Предложен показатель обоснованности решения на основе прагматического метода оценки качества информационного обмена.*

Ключевые слова: *управление авиацией, обоснованность решения, информационный обмен, неопределенность.*

Введение

В настоящее достижение целей военных действий во многом зависит от качества управления авиацией. Основой управления является процесс принятия решения, при этом в условиях неопределенности основная нагрузка ложится на интеллект лица принимающего решение. Средства автоматизации, которые активно развиваются и перспективы их внедрения в процесс управления авиацией обуславливают необходимость применения новых научно-методических подходов к принятию решений, обеспечивающих требуемую эффективность применения авиации.

Методы разработки управленческих решений включают в себя способы и приемы анализа и обработки информации, выработке вариантов решения, оценки их эффективности, принятия и реализации решения. При этом, решение должно удовлетворять ряду следующих основных требований [1-2]: обоснованность, оперативность, адаптивность и внутренняя не конфликтность. Отсюда вытекает актуальная задача выбора и определения показателя (показателей) качества, принимаемого решения, который бы отражал влияние на процесс принятия решения таких факторов, как: индивидуальные особенности лица принимающего решения; среда принятия решения (риск, неопределенность); информационные (полнота и достоверность информации) и временные ограничения; фактор сложности и др. Важно,

© Данилин М. А., Татаринов А. Н., 2020

чтобы показатель соответствовал цели управления, которую предполагается достичь при реализации принятого решения.

В статье предлагается методологический подход к оценке обоснованности решений при управлении экипажами воздушных судов при поражении целей с учетом радиоэлектронного воздействия противника.

1. Влияние качества информационного обмена на обоснованность принимаемых решений при управлении авиацией

Известно, что процесс управления сложной системой направлен на устранение неупорядоченности, при этом сам процесс управления связан с информационным обменом.

В теории информации мера неопределенности сопоставляется термодинамическому понятию энтропии, а количество информации равно уменьшению этой неопределенности [3]:

$$I = H_* - H = a \ln \frac{B_*}{B}, \qquad (1)$$

где I – количество «управляющей» информации; H – энтропия; a – постоянная; B – неупорядоченность системы; B^* – неупорядоченность системы, соответствующая энтропии H^*.

Неупорядоченность системы приводит к неполному использованию ее эффективности. Согласно [3] эффективность системы может определяться выражением:

$$Э = Э_{\text{макс}}(1 - B_0 e^{-\frac{I}{I_0}}), \qquad (2)$$

где $Э_{макс}$ – эффективность идеально функционирующей системы; B_0 – неупорядоченность системы в ее исходном состоянии.

Если через P обозначить вероятность достижения цели при качественном информационном обмене, а через P_0 – вероятность достижения цели до получения информации, то принимая во внимание утверждение о том, что обоснованность решений возрастает с увеличением количества полученной информации, выражение (2) приобретает вид:

$$K_{\text{об}} = K_{\text{об.макс}}(1 - B_0 e^{-(P-P_0)aI}); \; a = f(K_{\text{ио}}), \qquad (3)$$

где $K_{об.макс}$ – обоснованность решения при наличии полной и достоверной информации; B_0 – начальная энтропия – неопределенность в задаче принятия решения; I – информация, характеризующая сигнально-помеховую обстановку; $K_{ио}$ – показатель, характеризующий качество информационного обмена в процессе принятия решения.

Из (3) и рис. 1 видно, что зависимость обоснованности решения от качества информационного обмена выражается экспонентой и с увеличением информации обоснованность стремится к своему максимальному значению $K_{об.макс}$, обеспечивающему предельно возможное достижение цели.

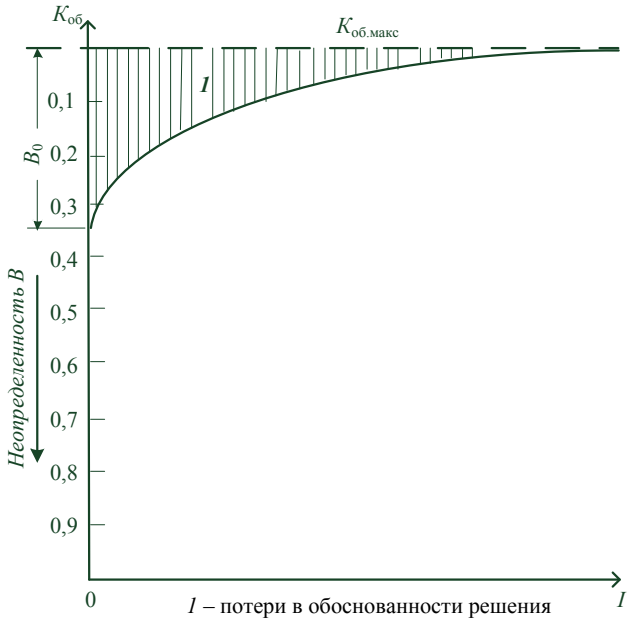


Рис. 1. Зависимость обоснованности решения от качества информационного обмена

Представив, таким образом, избранную меру обоснованности решения, рассмотрим содержание этого понятия применительно к рассматриваемой задаче.

Во-первых, величина I/I_0 в (2) характеризует скорость возрастания эффективности системы от количества используемой информации и может быть определена как ценность информации. В основе определения ценности лежит предложенный А. А. Харкевичем [4] способ исчисления ценности через приращение вероятности достижения той цели, для чего данная информация используется. Тогда величина $(P–P_0)$ в (3) характеризует скорость повышения обоснованности решения от количества информации о сигнально-помеховой обстановке в зоне ответственности пункта управления

авиацией (ПУА) и определяет ценность данной информации. Очевидно, что наибольшей ценностью информация будет обладать при неосведомленности должностных лиц ПУА о возможностях противника по радиоэлектронному воздействию.

Во-вторых, обоснованность решения в значительной степени зависит от достоверности используемой информации, степени познания закономерности процессов управления, качества математических моделей, используемых при принятии решений.

Для учета указанных факторов при оценке обоснованности решения используется обобщающий коэффициент α, выраженный через максимально-допустимое отклонение параметра элемента решения от оптимального значения и среднее квадратическое отклонение ошибки в определении параметра.

В-третьих, величина B_0 в отсутствии информации (I=0) определяет степень обоснованности $K_{об}$ принимаемого решения на управление авиацией без учета информации о преднамеренных помехах. В этом случае должностное лицо принимает решение исходя из своих предпочтений, основанных на опыте, интуиции, знаниях и др.

Из выражения (3) также следует, что прирост обоснованности принимаемого решения $dK_{об}$ за счет использования информации о сигнально-помеховой обстановке в зоне ответственности ПУА, дает прирост в достижении цели управления dP.

Для удобства оценки влияния вводимой дополнительной информации на достижение цели управления введем понятие «эффективности информации», которую определим как

$$A = \frac{dK_{об}}{dP}$$

Тогда из (3), учитывая, что $B = B_0 \exp\{-(P - P_0)\alpha I\}$ и то, что при A_0 $dK_{об} = 0$, находим

$$A = A_0 \frac{B_0}{B}, \qquad (4)$$

где A_0 – эффективность дополнительной информации при исходной неопределенности в принятии решения.

Из (4) очевидно, что эффективность информации обратно пропорциональна неопределенности B. На рис. 2 приведены графики зависимости A от качества информационного обеспечения, типа решаемой проблемы при заданной вероятности достижения цели управления $P = 0{,}95$ и $P_0 = 0{,}5$.

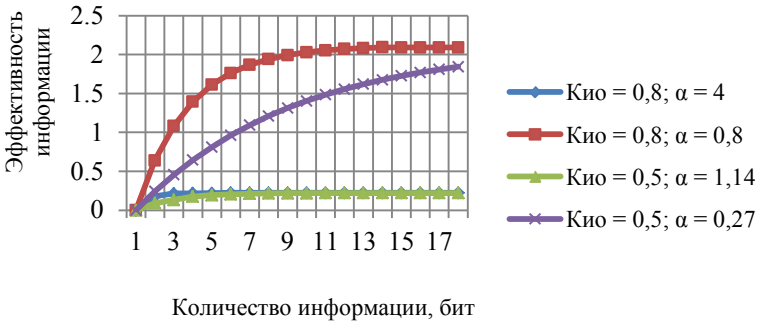


Рис. 2. Зависимость эффективности информации от качества информационного обеспечения и типа проблемной ситуации

Заключение

Таким образом, по мере увеличения количества информации приобретаемая дополнительная обоснованность решения уменьшается, что объясняет снижение роста эффективности информации, используемой в процессе принятия решения. Исходя из первого, не следует сильно усложнять модели и алгоритмы обработки исходной информации. Приближенные, но более простые модели и алгоритмы обеспечат принятие рационального решения. Принятие решения при управлении авиацией в условиях неопределенности отличается многократным превышением (8-10 раз) эффективности дополнительной информации относительно условий стандартной проблемной ситуации.

Такой подход может применяться для оценки качества информационного обмена в процессе принятия решения при управлении авиацией.

Список литературы

1. Рябчук, В. Д. Теория управления боем (Науковедческий и методологические аспекты). – Минск: ВА РБ, 2001. – 105 с.

2. Данилин, М. А. Определение показателя обоснованности решения на управление авиацией, принимаемого в условиях неопределенности / М. А. Данилин, В. А. Васильев [и др.] // Теория и техника радиосвязи № 1, 2017. – Воронеж: АО Концерн «Созвездие», 2017. – С. 79-82.

3. Трапезников, В. А. Автоматическое управление и экономика // Автоматика и телемеханика, 1963, № 1, С. 34-42.

4. Харкевич, А. А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. – М.: Физматгиз, 1960. – Вып. 4. – С. 53-57.

Методика оценки метеорологических условий по территории с редкой метеорологической сетью при выполнении авиационных работ

А.И. Деркачев, e-mail: derkachev2406@mail.ru,
В.В. Дорофеев, А.В. Степанов, А.И. Деркачев, А.А. Насонов

ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. *В статье реализована модель оценивания пространственно-временной изменчивости ВНГО и МДВ в различных типовых синоптических ситуациях циклона. Решена научная задача по оценке метеорологических условий над местностью с редкой метеорологической сетью.*

Ключевые слова: *Метеорологическая дальность видимости, высота нижней границы облачности, авиационные работы.*

Введение

Авиационные работы (АР) – работы, выполняемые с использованием полетов воздушных судов (ВС) в сельском хозяйстве, строительстве, для охраны и защиты окружающей природной среды, оказания медицинской помощи и других целей [2]. Особенностью таких полетов являются их проведение на высотах ниже нижнего эшелона, как правило, на предельно малых (0 - 200 м.) и малых (200 – 1000 м.) высотах и на местных воздушных линиях (МВЛ) по правилам визуальных полетов (ПВП) с использованием самолетов и вертолетов [1,2,3].

Метеорологическое обеспечение полетов на АР часто приходится осуществлять в условиях редкой метеорологической сети при ограниченных возможностях сбора и распространения любой информации, в том числе и метеорологической [3,4]. Это существенно затрудняет оценку метеорологических условий и учитывать влияние физико – географические особенностей, характера подстилающей поверхности, орографии, на погодообразующие факторы района полетов.

При оценке метеорологических условий возникает противоречие между имеющейся информацией о погоде с редкой сети метеорологических станций и необходимой для оценки возможности выполнения полетов на АР. Противоречие требует решения научной задачи по разработке методики, позволяющей оценивать метеорологические условия на выполнение АР с учетом влияния характера подстилающей поверхности в типовых синоптических

ситуациях по территории с редкой метеорологической сетью и пространственно – временной изменчивости ВНГО, МДВ, которые влияют на полетную дальность видимости (ПДВ), как основного фактора, определяющего возможность выполнения этих работ [1,2].

Решение научной задачи возможно путем разработки методики оценки метеорологических условий по территории с редкой метеорологической сетью при выполнении авиационных работ в различных типовых синоптических ситуациях путем комплексного использования аэросиноптических материалов и электронных крупномасштабных топографических карт местности с редкой метеорологической сетью. Существующие способы оценки изменчивости ВНГО и МДВ не позволяют учитывать влияние рельефа местности, характер подстилающей поверхности.

Поэтому целью работы является повышение эффективности метеорологического обеспечения полетов путем разработки методики оценки метеорологических условий по территории с редкой метеорологической сетью при выполнении авиационных работ, реализованной моделью с использованием ГИС технологии, позволяющей учитывать изменчивости ВНГО и МДВ над местностью с редкой метеорологической сетью.

Методика оценки метеоусловий

Предложенная методика реализована моделью оценки пространственно-временной изменчивости ВНГО и МДВ, с учетом ограниченности метеорологической информации и позволяет оценивать метеорологические условия в типовых синоптических ситуациях циклона по данным превышения рельефа местности и характера подстилающей поверхности с шагом 50 км в радиусе до 150 км от места взлета ВС по крупномасштабной электронной топографической карты с использованием ГИС технологий.

На пространственную изменчивость ВНГО, МДВ оказывают влияние превышение рельефа местности и характер подстилающей поверхности.

Максимальные изменения ВНГО и МДВ наблюдаются в передней части циклона, что объясняется влиянием теплого фронта и сходимостью потоков перед линией теплого фронта. Наименьшая изменчивость наблюдается в тыловой части, что объясняется затоком холодного воздуха с запада и с северо-запада.

В случае отсутствия данных наземных наблюдений расчет ВНГО (H) и МДВ (S) производится в зависимости от относительного превышения (понижения) рельефа местности в различных типовых синоптических ситуациях:

$$H = H_0 \pm c\Delta h, \quad (1)$$

$$S = S_0 \pm d\Delta h \quad (2)$$

- Δh – относительное превышение (понижение) рельефа местности, м;
- H_0, S_0 – изменение (уменьшение или увеличение) ВНГО, МДВ на аэродроме (пункта) вылета;
- c, d – коэффициенты (знак «–» - относительное превышение, «+» - относительное понижение рельефа местности), представленные в таблицах 1, 2 [1].

Достоверность полученных уравнений расчета [1] позволяет сделать вывод о возможности использования полученных регрессионных уравнений для расчета изменения ВНГО и МДВ в зависимости от относительного превышения рельефа местности с шагом 50 км в радиусе до 150 км от исходной станции (пункта вылета).

Временная изменчивость ВНГО и МДВ исследована в типовых синоптических ситуациях и различных явлениях погоды по данным 30 минут инструментальных измерений представлено в [1].

Анализ временной изменчивости ВНГО и МДВ показывают, что максимальная изменчивость ВНГО наблюдается на 60 минуте, а МДВ – на 30 минуте в передней части циклона. В остальных синоптических ситуациях максимальная изменчивость ВНГО и МДВ до 1 часа. Таким образом, прогноз с достаточной для потребителя точностью можно разработать по ВНГО до 1 часа, а по МДВ до 30 минут в передней части циклона. В остальных случаях до 1 часа ВНГО и МДВ.

Заключение

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Изменчивость ВНГО и МДВ (основных характеристик метеорологических условий) зависят от типа синоптической ситуации, характера подстилающей поверхности, времени года и суток;

2. Количественные связи между относительным превышением рельефа местности и ВНГО, МДВ, как основных факторов определяющих НПДВ, зависят от синоптической ситуации сезона и характера подстилающей поверхности.

Предложенная модель оценивания пространственно-временной изменчивости ВНГО и МДВ в различных типовых синоптических ситуациях циклона позволяет решить научную задачу по оценке метеорологических условий над местностью с редкой метеорологической сетью.

Список литературы

1. Дорофеев В.В., Бакланов И.О., Степанов А.В., Жильчук И.А., Ковалёв В.И. Полетная видимость. Монография. Воронеж, Воронежский ЦНТИ, 2013. 250 с.

2. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России (НМО ГА–95). М.: Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Министерство транспорта России.1995. 156 с.

3. Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации (ФАПП-2002). М. Воениздат, 2002. 45 с.

4. Приказ № 482от 07. 12.2002г. (Минтранспорта № 156). Об утверждении положения об оперативных органах единой системы Ор ВД РФ.

Нейросетевое моделирование кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов

О. С. Дмитриев, email: phys@nnn.tstu.ru
А. А. Барсуков, email: barsukov94@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *В данной работе рассмотрена целесообразность и возможность моделирования кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов (на примере углепластика КМУ-7) на основе применения искусственных нейронных сетей. Используя нейросетевое моделирование, получена зависимость изменения кинетической функции композита от его степени отверждения, проведено сравнение работоспособности нейронной сети с экспериментальными данными и классическими методами аппроксимации.*

Ключевые слова: *кинетические характеристики, полимерные композиты, моделирование, нейронные сети.*

Введение

В настоящее время, полимерные композиты (ПК) пользуются большой популярностью во всех областях промышленности, заменяя традиционные материалы. Эффективность производства и качество изделий из ПК, в первую очередь определяется их оптимальным температурно-временным режимом отверждения. Для качественного проведения оптимизации процесса отверждения, необходимо определить как опытным, так и расчетным путем, множество параметров процесса отверждения, например кинетические, реологические, теплофизические и другие характеристики [1, 2].

Для определения кинетических характеристик процесса отверждения ПК известно множество различных методов и математических моделей [3, 4]. Однако не все из моделей кинетики с одинаковой точностью могут описывать изменение кинетической функции для каждого конкретного режима отверждения ПК, поэтому поиск и подбор адекватной модели отверждения требует высокой квалификации химика-технолога и много времени. Для упрощения моделирования предлагается использовать нейронные сети (НС), которые в настоящее время широко используются для прогнозирования и аппроксимации во многих областях технических и гуманитарных наук.

© Дмитриев О. С., Барсуков А. А., 2020

1. Математическая модель кинетики отверждения полимерных композитов

В настоящей работе проведено прогнозирование кинетической функции $\phi(\beta)$ полимерного композита КМУ-7, в процессе его отверждения. Обобщенная математическая модель кинетики процесса отверждения имеет вид:

$$\frac{d\beta}{dt} = \phi(\beta)\exp\left(-\frac{E(\beta)}{R\cdot T(t)}\right), \quad \beta \equiv \beta(t), \quad 0 < t \le t_{\text{к}} \tag{1}$$

где $E(\beta)$ – энергия активации, $\phi(\beta)$ – кинетическая функция, β – степень отверждения, t – время эксперимента, T – температура, R – универсальная газовая постоянная.

Для адекватного моделирования режима отверждения полимера, необходимо аппроксимировать кинетическую функцию $\phi(\beta)$ в пределах изменения степени отверждения β от 0 до 1, и найти энергию активации. Энергия активации определяется экспериментально и имеет слабую зависимость от степени отверждения, таким образом, ее можно представить как константу E. Кинетическая функция аппроксимируется по одной из моделей (табл. 1).

Таблица 1

Модели аппроксимации кинетической функции

Модель 1	Модель 2	Модель 3
$\phi(\beta) = K(1-\beta)^m$	$\phi(\beta) = K\beta^n(1-\beta)^m$	$\phi(\beta) = K(1-\beta)(1+k_0\beta)$
$K = 1{,}093\cdot 10^6$	$K = 1{,}15\cdot 10^6$	$K = 1{,}15\cdot 10^6$
$m = 1{,}25$	$m = 1{,}26$	$k_0 = -0{,}66$
	$n = 0{,}02$	

Здесь m, n – порядки химических реакций, K – константа скорости химической реакции.

Порядки реакции и константа химической реакции определяются на основе экспериментальных данных, являются эмпирически вычисленными константами для каждого отдельного вида ПК и зависят от характера химической реакции процесса отверждения [5]. Поэтому требуется высокая квалификация химика-технолога, способного оценить тип химической реакции и выбрать соответствующее математическое описание кинетической функции, которое адекватно моделировало бы процесс отверждения данного композита и не зависело бы от температурно-временного режима отверждения.

2. Построение нейронной сети для моделирования кинетики отверждения

Для того что бы гарантировать выбор адекватной модели кинетической функции, предлагается использовать нейронную сеть. Для прогнозирования кинетической функции использован массив данных, содержащий расчетные зависимости изменения кинетической функции $\phi(\beta)$ от степени отверждения β по вышеприведенным формулам.

Нейронная сеть создавалась в пакете MATLAB с использованием плагина NEURON FITTING TOOLS. Данный плагин дает возможность выбора из нескольких тренировочных алгоритмов, таких как метод Левенберга-Марквардта, метод Байесовой регуляризации или масштабированный метод сопряженных градиентов. Так же, плагин позволят задавать количество нейронов в скрытом слое, изменять процент обучающей, тестовой и проверочной выборки. В качестве входных значений (INPUTS) использовался экспериментальный массив изменения степени отверждения, а в качестве выходных значений (OUTPUTS) – значения кинетической функции, рассчитанные по моделям 1–3.

Для построения нейронной сети использовался каждый из доступных методов обучения, количество нейронов в скрытом слое – 50 шт, обучающая выборка составляла 70%, тестовая и проверочная выборка – 15%. Структурная схема сети представлена на рисунке 1, а на рисунке 2 представлены графики регрессии НС с использованием вышеприведенных алгоритмов, подтверждающие ее работоспособность и производительность.

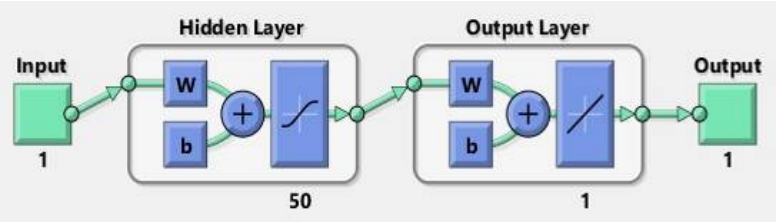
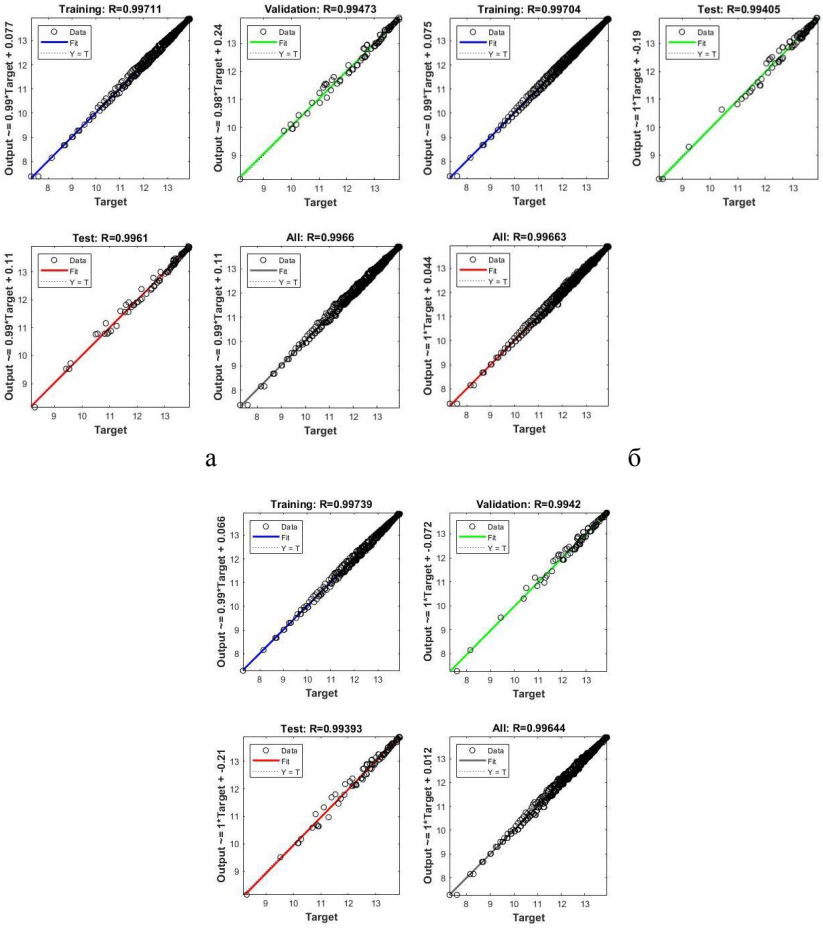


Рис. 1. Структурная схема НС

Как видно из рисунков, наибольшая производительность достигается при обучении сети по методу Байесовой регуляризации. Результаты прогнозирования кинетической функции в зависимости от степени отверждения представлены на рис 3.

Для определения работоспособности НС и сравнения результатов, составим таблицу 2, в которую занесем 10 случайных значений степени

отверждения полимерного композита, значения $\ln\phi(\beta)$ вычисленные с использованием моделей 1–3, нейронной сети и экспериментальные значения $\ln\phi(\beta)$. Из рисунка 3 и таблицы 2, мы видим что моделирование кинетики отверждения ПК с помощью НС достаточно точно прогнозирует экспериментальные данные.



а – метод Левенберг-Марквардта, б – Байесова регуляризация, в – масштабированный метод сопряженных градиентов

Рис. 2. Графики регрессии НС

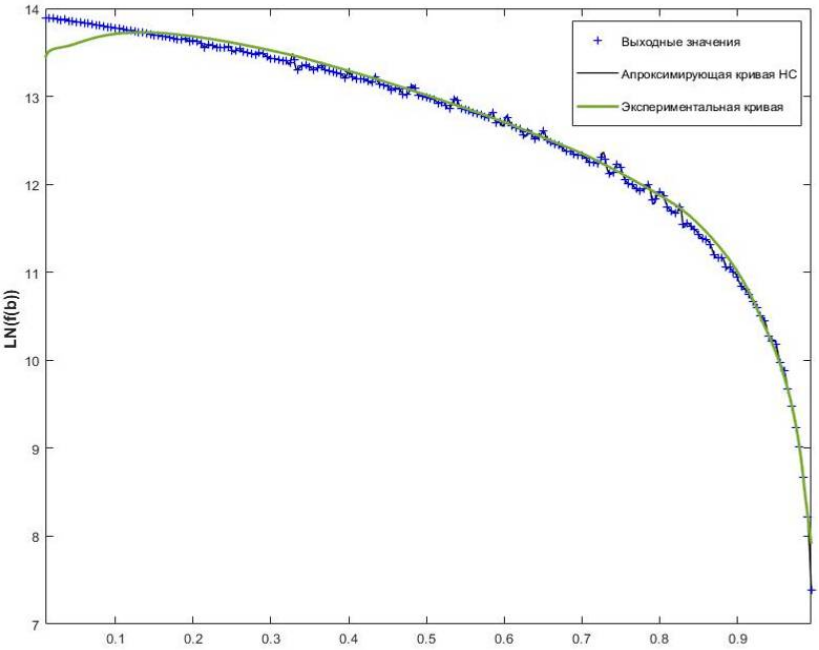


Рис. 3. Результаты моделирования кинетической функции

Таблица 2

Сравнение методов моделирования

Степень отверждения, β	Модель 1	Модель 2	Модель 3	НС	Экспериментальные данные
	Логарифм кинетической функции, lnϕ(β)				
0,003	13,837	13,950	13,845	13,048	13,900
0,017	13,852	13,926	13,884	13,520	13,883
0,164	13,693	13,661	13,682	13,718	13,680
0,251	13,563	13,484	13,535	13,613	13,542
0,347	13,397	13,268	13,337	13,452	13,371
0,467	13,147	12,957	13,059	13,142	13,118
0,642	12,653	12,378	12,559	12,607	12,622
0,743	12,239	11,924	12,128	12,165	12,208
0,835	11,685	11,356	11,711	11,743	11,656
0,967	9,661	9,531	9,638	9,704	9,645

Заключение

В ходе данной работы, мы создали НС моделирующую изменение кинетической функции полимерного композита КМУ-7 в процессе его отверждения, что подтвердило возможность и целесообразность использования НС для моделирования процесса отверждения полимерных композитов. Однако для функционирования НС требуется определять эмпирические параметры моделей кинетики, поэтому, актуальна дальнейшая разработка системы обработки экспериментальных данных на основе НС, которая позволит определять в автоматическом режиме все необходимые кинетические характеристики процесса отверждения только на основе экспериментальных данных, без выполнения промежуточных вычислений и выбора подходящих аппроксимирующих моделей.

Список литературы

1. Оптимизация режима отверждения изделий из полимерных композитов на основе клеевых препрегов / О. С. Дмитриев [и др.] // Клеи. Герметики. Технологии. – 2009. – № 5. – С. 17-24.
2. Мищенко, С. В. Автоматизированная система исследования процесса отверждения композиционных полимерных материалов / С. В. Мищенко, О. С. Дмитриев, Н. П. Пучков // Промышленная теплотехника. – 1989. – Т.11, № 5. – С.79-84.
3. Дмитриев, О. С. Метод исследования параметров течения связующего при отверждении композитов / О. С. Дмитриев, С. В. Мищенко, А. О. Дмитриев // Вестник ТГТУ. – 2005. –Т. 11. № 1. – С. 53-61.
4. Advanced integral isoconversional analysis for evaluating and predicting the kinetic parameters of the curing reaction of epoxy prepreg / M. Vafayan [etc.] // Thermochimica Acta. – 2013. – V. 557. – P. 37–43.
5. Дмитриев, О. С. Исследование кинетики отверждения полимерных композитов калориметрическим методом / О. С. Дмитриев, А. А. Барсуков // В сборнике: Информационно-сенсорные системы в теплофизических исследованиях: XI международная теплофизическая школа. – 2018. – С. 238-241.

Модель оперативной визуализированной дешифровки метеорологической информации для пункта приема «Сюжет-МБ» в условиях нестабильного радиосигнала

В.В. Дорофеев [1], Д.В. Булгин[1], А.А. Насонов[1] e-mail: d.bulgin77@yandex.ru

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассмотрена алгоритмическая модель дешифровки и визуализации метеорологической информации с использованием пункта приема «Сюжет-МБ» в условиях нестабильного радиосигнала.*

Ключевые слова: *Метеорологическая информация, дешифровка сообщений, комплекс «Сюжет-МБ».*

Введение

При метеорологическом обеспечении международных полетов экипажам воздушных судов необходима информация о погоде по маршруту полета, запасным аэродромам и аэродрому посадки. Особенностью представления метеорологической информации потребителям является её оперативность, наглядность и достоверность.

В настоящее время для получения метеорологической информации используется автономный пункт приема «Сюжет-МБ», который позволяет получать сведения о погоде с метеорологических искусственных спутников земли и от радиопередающих метеорологических центров. Для оперативной и достоверной оценки метеорологических условий информация должна быть представлена в доступной визуализированной форме.

В настоящее время в автономном пункте приема «Сюжет-МБ» не достаточно представлена возможность дешифровки и визуализации метеорологической информации, т.е. возникает противоречие между требованиями к оперативной информации и возможностями комплекса «Сюжет-МБ». Разрешения данного противоречия требует решения научной задачи – разработки алгоритмической модели визуализированной дешифровки метеорологической информации, представляемой в закодированной форме при нестабильном радиосигнале в коротковолновом диапазоне длин волн. Поэтому, целью работы является повышение эффективности метеорологического обеспечения полетов авиации путем разработки модели оперативной

© Дорофеев В. В., Булгин Д. В., Насонов А. А., 2020

визуализированной дешифровки метеорологической информации для пункта приема «СЮЖЕТ-МБ» в условиях нестабильного радиосигнала.

Поставленная цель достигалась решением следующих задач:

1. Разработка алгоритма дешифровки метеорологической информации;
2. Создание интерфейса приложения для визуализации дешифрированной информации.
3. Повышение эффективности анализа метеоданных при работе с нестабильным радиосигналом.

1. Разработка алгоритма дешифровки метеорологической информации

Схема получения метеорологической информации для дешифровки выглядит следующим образом. Станции наземных метеорологических наблюдений транслируют в радиоэфир метеорологическую информацию. АПП «Сюжет-МБ» настраивается на частоту передачи и принимает сообщение, после чего формирует txt файл с полученной информацией, который в последствии обрабатывается и дешифруется программным обеспечением (рис. 1) [1]. В состав «Сюжет-МБ» входит ПЭВМ на базе операционной системы семейства Windows, где и формируется txt файл, поэтому было принято решение создания программного обеспечения на платформе .Net, языке программирования C+.

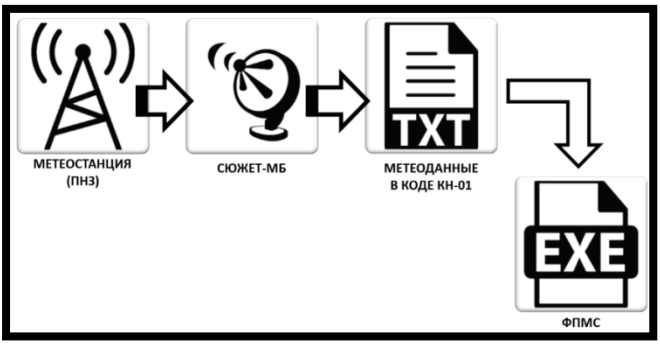


Рис. 1. Схема получения метеорологической информации

Кодом передачи метеорологической информации является синоптический код КН-01 SYNOP, который является национальным вариантом международного кода FM-12, принятого всемирной метеорологической организацией. В связи с этим при создании приложения было решено использовать справочную информацию кода

для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета КН-01 SYNOP (рис. 2).

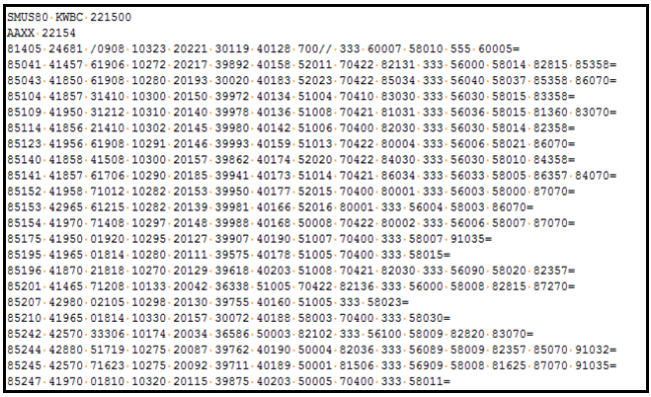


Рис. 2. Код КН-01 SYNOP в txt файле, сформированном «Сюжет-МБ»

В связи с возникающими при приеме радиосообщения помехами [2], формируемый в txt файле код КН-01 периодически отклоняется от эталонного шаблона, либо в нем возникают разного рода артефакты, поэтому возникает необходимость унификации формата обрабатываемого сообщения. Для разрешения данной проблемы, в ходе анализа метеорологических данных был разработан оптимальный для последующей дешифровки вид сообщения.

Далее был разработан алгоритм дешифровки сообщения, который основывается на сверке паттерна регулярного выражения с обрабатываемым кодом КН-01 SYNOP. В txt файле ищутся строки, которые начинаются с обозначения буквенного указателя кода, который в коде КН-01SYNOP выражается строкой «AAXX», далее до пустой строки либо до очередной строки, начинающейся на «AAXX» построчно заполняется блок сообщений, относящийся к данному заголовку.

Паттерн на соответствие коду КН-01 SYNOP включается в себя три части, для сверки 0 и 1 раздела, 3 раздела и 5 раздела схемы кода КН-01 SYNOP. Соответственно, сверка исходного сообщения происходит по метеостанциям, а по каждой метеостанции – по разделам.

Справочная информация по самим метеостанциям, такая как индекс, название и так далее, находится в csv файле StationName.csv, который располагается в одной папке с приложением. При необходимости пользователь может модифицировать данный справочник посредством внесения изменений через Excel.

2. Создание интерфейса приложения для визуализации дешифрированной информации

После реализации дешифровки сообщения и декомпозиции полученной информации был реализован интерфейс приложения (рис. 3).

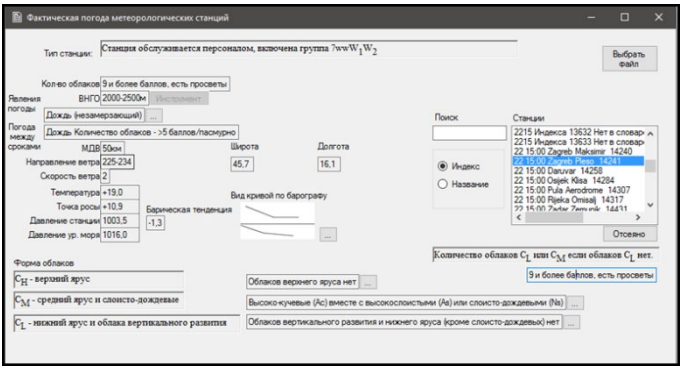


Рис. 3. Главное меню разработанного приложения

Разработка интерфейса, исходя из задачи оперативной дешифровки полученной метеорологической информации, хоть и реализована в последнюю очередь, но занимает далеко не последнее место по важности. Из рисунка 3 видно, что по сравнению с кодом КН-01 SYNOP, пример которого отображен на рисунке 2, с использованием разработанного приложения метеоролог может намного быстрее оценить метеоусловия по данным, полученным от метеостанций. Связано это в первую очередь с тем, что с метеоролога снимается задача по дешифровке исходного сообщения, поиска информации в справочниках.

В приложении реализован поиск по станциям, информация по которым содержится в полученном сообщении. Поиск можно производить по индексу или названию станции.

3. Повышение эффективности анализа метеоданных при работе с нестабильным радиосигналом

Выше отмечалось, что ввиду получения передачи посредством радио, в принимаемом сообщении могут возникать различные артефакты, либо информация может передаваться неточно [2]. Еще более актуальна обозначенная проблема при неустойчивой связи, поэтому особое внимание было уделено получению максимально большого количества информации из поврежденных сообщений, которые по тем или иным причинам не соответствуют шаблону кода KH-01SYNOP. Для просмотра сообщений, которые по тем или иным причинам не прошли проверку на соответствие шаблону кода, необходимо нажать кнопку «Отсеяно». После этого откроется окно, в котором содержатся отбракованные сообщения (рис. 4).

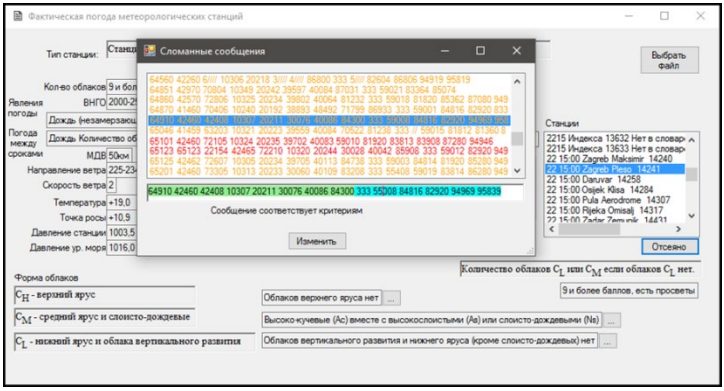


Рис. 4. Окно с поврежденными сообщениями

Проверка на соответствие проходит по разделам. Если в сообщении не соответствует шаблону 3 или 5 раздел, то сообщение проходит анализ, и информация по этой метеостанции есть в списке в основном меню, но только в том случае, если 1 раздел цел. Такие сообщения окрашены в оранжевый цвет. Однако, если найдена ошибка в первой группе, в которой содержится подавляющее количество метеорологической информации, то такое сообщение не анализируется и данное сообщение не отображено в списке в основном окне. Такие сообщения окрашены в красный цвет.

Как видно из скриншота, сообщения можно просматривать и редактировать. Зеленым цветом подсвечивается соответствие первому разделу, бирюзовым – 3 разделу, золотистым - 5. Сообщение можно отредактировать только при его полном соответствии шаблону кода. При

его изменении сообщение проходит анализ и добавляется в основное меню в список метеостанций.

Проведенная верификация алгоритма с помощью комплекса АРМ ВГМ показала достоверность полученных результатов.

Заключение

Таким образом, разработанная инновационная алгоритмическая модель дешифровки и визуализации метеорологической информации является модернизацией АПП «Сюжет-МБ», что позволяет повысить эффективность метеорологического обеспечения государственной авиации и расширяет возможности оперативной оценке метеорологических условий. Разработанный интерфейс приложения визуализации дешифрованного кода КН-01 SYNOP позволяет оперативно оценивать метеорологические условия по маршруту перелета с использованием пункта приема «Сюжет-МБ» в условиях с нестабильным радиосигналом. К тому же был реализован эффективный анализ данных при работе пункта приема «Сюжет-МБ».

Литература

1. А.И. Тищенко, О.С. Вышлов, С.А. Дьяков, Д.В. Булгин. Технические средства гидрометеорологической службы. Часть 2 (Учебное пособие). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 115 с.

2. И.В. Казанский, В.Т. Поляков. Азбука коротких волн. – Москва: ДОСААФ, 1978. – 217 с.

Компьютерное моделирование молекулярных структур полимеров

С. А. Зайцев, email: kondroshsergiano@gmail.com [1]

[1]Воронежский государственный университет

Аннотация. *Данная работа посвящена приемам компьютерного моделирования, которые используются для построения имитационной модели молекул полимеров, рассматривается использование генератора псевдослучайной величины Вихрь Мерсенна для построения молекул полимеров со свободными и фиксированными валентными углами. Разработаны алгоритмы пространственного моделирования молекулярных структур. На языках C++ и C# написано программное обеспечение, обеспечивающее построение и визуализацию моделей.*

Ключевые слова: *Компьютерное моделирование, имитационное моделирование, молекулярное моделирование, валентный угол, пространственная модель.*

Введение

Развитие современной промышленности характеризуется быстрым ростом объема производства и сбыта пластмасс и каучуков. Таким образом, учитывая общемировую тенденцию на увеличение потребления полимеров, в частности синтетических каучуков, одним из приоритетов, как для общемирового, так и для отечественного производителя, становится интенсификация производства, путем разработки и внедрения инновационных технологий.

Создаются новые способы получения пластических масс с необходимым комплексом эксплуатационных характеристик, например, применяется ионизирующее излучение. Данная методика также позволяет решить проблему переработки и утилизации вышедших из эксплуатации пластмассовых изделий. В частности, бутилкаучук, подвергнутый радиационной регенерации, представляют собой ценное органическое сырье.

Таким образом, формируется потребность в средствах компьютерного имитационного моделирования, которые позволяют описать процессы, происходящие во внутренних структурах полимеров при воздействии на них ионизирующего излучения. Одной из подзадач, при создании данных программных комплексов, является моделирование молекулярных структур полимеров.

© Зайцев С.А, 2018

1. Разновидности структур полимеров

Макромолекула полимера в большинстве случаев состоит из многочисленных повторяющихся элементарных звеньев, связанных жесткой связью, т.е. мономеров. Конформация и конфигурация мономеров во многом определяют длину цепи макромолекулы, способ её построения и взаимное расположение атомов и групп атомов в цепи.

Конформация − пространственное расположение атомов и атомных групп, которое может быть изменено без разрыва химических связей. Существует несколько основных типов конформации: статистический клубок, спираль, глобула, струна и так далее.

Конфигурация − постоянная геометрия молекулы, которая является результатом пространственного расположения её химических связей и атомов с учетом валентных углов.

Валентный угол – это угол, образованный направлениями химических связей, исходящими из одного атома. Иллюстрация валентного угла молекулы воды представлена на рис. 1. Окружность на рисунке описывает все возможные геометрические точки, в которых может находиться второй атом водорода, относительно первого атома водорода и атома кислорода. Для компьютерного моделирования валентного угла, у молекул полимеров и каучуков необходимо иметь в распоряжении генератор псевдослучайных величин (ГПСЧ) с равномерным распределением.

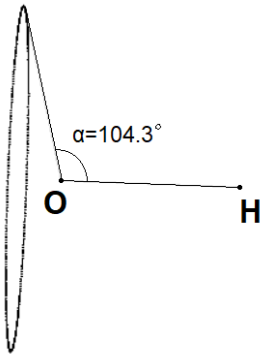


Рис. 1. Молекула воды с изображением множества всех возможных положений второго атома водорода

2. Вихрь Мерсенна

Вихрь Мерсенна – генератор псевдослучайной величины, разработанный в 1997 году японскими учёными Макото Мацумото и

Такудзи Нисимура. Данный ГПСЧ основывается на свойствах простых чисел Мерсенна и обеспечивает быструю генерацию псевдослучайных чисел. Отличительная особенность генератора - большой период. Реализации данного алгоритма включены во множество программных средств, например в стандартную библиотеку языка C++ стандарта C++11 под именем std::mt19937. Для проверки качества ГПСЧ применимо для текущей задачи, а именно для проверки равномерности распределения был сгенерирован тестовый файл с выборкой вещественных чисел от 0 до 1 размером в 1000000 значений.

3. Критерий хи-квадрат

Проверим выборку на равномерность распределения, используя критерий хи-квадрат

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{1}$$

здесь O_i − наблюдаемая частота интервала, а E_i − теоретическая. Примем количество интервалов равным 10, тогда степень свободы критерия хи-квадрат будет равна 9, а E_i будет одинаковой во всех интервалах и составит 100000. В ходе расчетов было получено значение критерия 5.59772, что меньше критического значения 16.9 для 9 степени свободы с уровнем значимости 5%. Таким образом, нулевая гипотеза о равномерном распределении не отклоняется.

4. Критерий Колмогорова

Также, для исследования был применен критерий согласия Колмогорова λ, который рассчитывается согласно формуле

$$\lambda = \frac{\max_{x_i} |F(x_i) - F^*(x_i)|}{\sqrt{N}} \tag{2}$$

где F − эмпирическая функция распределения, F^* − теоретическая, x_i, $1 \le i \le N$ − элемент выборки в вариационном ряде, а N − размер выборки. В ходе вычислений было получено значение критерия λ =0,0081247, что меньше критического значения для уровня значимости 5%, что подтверждает заданную нулевую гипотезу о равномерном распределении.

5. Критерий Шапиро-Уилка

Для проверки по критерию Шапиро-Уилка *W,* к полученной выборке случайных чисел было применено преобразование Бокса-Мюллера, позволяющее получить из равномерно распределенных

значений величины, распределенные по нормальному закону. Далее были взяты первые 50 значений из выборки, так как данный критерий предназначен для выборок небольших размеров, далее был вычислен непосредственно сам критерий по формуле

$$W = \frac{\left[\sum_{i=1}^{k} a_{n-i+1}(x_{n-i+1} - x_i)\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad (3)$$

где a − табличные коэффициенты критерия, , x_i, $1 \le i \le N$ − элементы выборки, $\bar{x}$ − математическое ожидание выборки, в ходе расчетов было получено значений критерия *W=0,95797*, что выше критического значения для уровня значимости 5%, следовательно, нет оснований для отклонения нулевой гипотезы о нормальности распределения преобразованной выборки.

Таким образом, ГПСЧ Вихрь Мерсенна представляет собой качественный источник случайных чисел, подчиняющихся закону равномерного распределения.

6. Построение пространственной модели молекулы

Существует несколько видов конформации молекул, например: свободно-сочлененная цепь и цепь с фиксированными валентными углами. При моделировании молекулы полимера в трехмерном евклидовом пространстве каждый мономер характеризуется тремя пространственными координатами, при этом процесс построения цепи можно представить как последовательный процесс вычисления всех координат мономеров. Координаты первого мономера задаются конкретной точкой в пространстве или произвольным образом, для расчета координат второго мономера (а в случае свободно сочлененной цепи для всех последующих) можно применить углы Эйлера, описывающие последовательную комбинацию пассивных поворотов вокруг осей вращающейся системы координат. Матричная форма углов Эйлера *R* представлена ниже

$$\begin{pmatrix} \cos\alpha\cos\gamma - \cos\beta\sin\alpha\sin\gamma & -\cos\gamma\sin\alpha - \cos\alpha\cos\beta\sin\gamma & \sin\beta\sin\gamma \\ \cos\beta\cos\gamma\sin\alpha + \cos\alpha\sin\gamma & \cos\alpha\cos\beta\cos\gamma - \sin\alpha\sin\gamma & -\cos\gamma\sin\beta \\ \sin\alpha\sin\beta & \cos\alpha\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \qquad (4)$$

где α,β,γ – углы поворота вокруг координатных осей, для конформации статистического клубка они определяются случайным образом, с

помощью ГПСЧ. Вычисление координат мономера в таком случае производится следующим образом: строится вектор, по норме совпадающий с длиной межмолекулярной связи, для простоты его можно совместить с одной из координатных осей, далее производится умножение *R* на вектор-столбец *{x, y, z}*, где *x, y, z* – пространственные координаты вектора. Далее полученные координаты складываются с соответствующими координатами предыдущего мономера.

Модель молекула полимера со свободно-сочлененной цепью, построенная с помощью углов Эйлера и отображенная с помощью разработанного в среде Microsoft Visual Studio 2019 программного обеспечения, представлена на рис. 2.

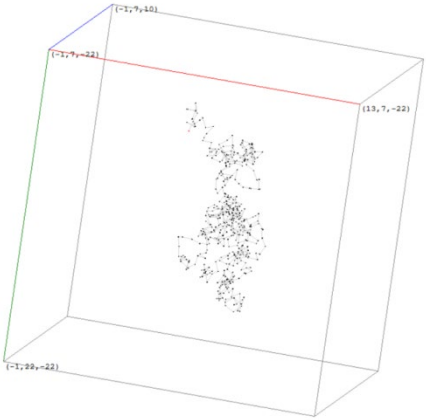


Рис. 2. Модель свободно-сочлененной молекулы

В случае цепи с фиксированными валентными углами применяется матрица поворота вокруг произвольной оси

$$M(\bar{v},\theta)=\begin{pmatrix}\cos(\theta)+(1-\cos(\theta))x^2 & (1-\cos(\theta))xy-\sin(\theta)z & (1-\cos(\theta))xz+\sin(\theta)y\\ (1-\cos(\theta))yx+\sin(\theta)z & \cos(\theta)+(1-\cos(\theta))y^2 & (1-\cos(\theta))yz-\sin(\theta)x\\ (1-\cos(\theta))zx-\sin(\theta)y & (1-\cos(\theta))zy+\sin(\theta)x & \cos(\theta)+(1-\cos(\theta))z^2\end{pmatrix} \quad (5)$$

где $\bar{v}$ = *(x,y,z)* – единичный вектор, задающий ось вращения, а θ – угол поворота. В таком случае процесс нахождения координат каждого n_{i+1} мономера при известных n_i и n_{i-1}, будет происходить в несколько этапов. Введем вектор

$$\bar{n}' = \bar{n}_{i-1} - \bar{n}_i \quad (6)$$

Данный вектор подвергается нормировке, чтобы избежать накопления ошибки в процессе работы компьютерной программы. Дополнительно введем точку n' с идентичными вектору $\overline{n}'$ координатами, тогда координаты n_{i+1} мономера можно получить путем двух поворотов точки относительно вектора в пространстве, сначала повернув точку n' вокруг нормали к вектору $\overline{n}'$ на угол $180 - \alpha$, где α – заданный валентный угол, затем повернув еще раз, но уже вокруг самого вектора $\overline{n}'$ на угол β, $0^\circ \le \beta \le 360^\circ$, заданный случайно. В случае, если длина межмолекулярной связи не равна единице, производятся соответствующие вспомогательные преобразования. Вектор нормали $\overline{n}$ к вектору $\overline{v}$ можно найти путем фиксации двух из трех пространственных координат вектора $\overline{v}$, например x и y, а координату z вычислить по формуле

$$z = -(v_x * x + v_y * y) / v_z \qquad (7)$$

Модель молекулы полимера с фиксированным валентным углом $\alpha = 75^\circ$ представлена на рис. 3.

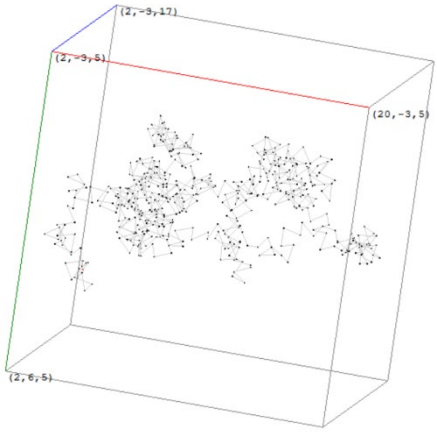


Рис. 3. Модель молекулы с фиксированным валентным углом равным 75 градусов.

7. Заключение

В качестве продолжения данной работы и на базе данных алгоритмов и программных средств планируется создать программный комплекс, позволяющий проводить имитационное моделирование

радиационной деструкции различных полимеров, с многообразием конфигураций и конформаций, а также соотносить теоретические и экспериментальные данные. В комплексе планируется учесть водородные связи и другие варианты межатомного и молекулярного взаимодействия с учетом возможных вероятностных характеристик, что позволит не только создавать полимерные материалы с определенными свойствами, но и утилизировать/перерабатывать уже готовые изделия, что может иметь, в том числе, и значительный экологический эффект.

Список литературы

1. Цветков В.Н., Эскин В.Е., Френкель С.Я. Структура макромолекул в растворе. М.: Наука, 1964. – 275 с.

2. Гусев Ю.К., Тихомиров С.Г., Хвостов А.А., Хаустов И.А. Имитационное моделирование процесса деструкции полимера / Ю.К. Гусев, С.Г. Тихомиров, А.А. Хвостов, И.А. Хаустов // Вестник ВГУИТ. – 2012. – №2. – С.85-87.

3. Tikhomirov S.G., Polevoy P.S., Semenov M.E., Karmanov A.V. Modeling of the destruction process of butyl rubber / S.G. Tikhomirov, P.S.Polevoy, M.E. Semenov, A.V. Karmanov // Radiation physics and chemistry. – 2019. – V.158. – P.205-208.

Компьютерное моделирование температурных трендов

В.П. Закусилов, email: gdv555900@mail.ru
Д.В. Гедзенко, М.С. Неъматов

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе поведено компьютерное моделирование выявленных трендовых составляющих температуры воздуха на Европейской территории России, включая сопредельные территории в холодный период года. Выявлены закономерности их распределения в долготном направлении, которые могут быть использованы для визуализации климатических изменений, отмечаемых на определенной территории.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, климат, температура*

Введение

Происходящие в настоящее время изменения климата, не могут не вызывать серьезной озабоченности, поскольку их влияние на природные и хозяйственные системы становится неоспоримым. Частые засухи, наводнения, многодневные ливневые дожди, провоцирующие паводки, снегопады, а также другие опасные явления, оставляют население регионов без жилья, средств к существованию, лишают жизни, нарушают экологию.

В связи с этим, исследования в области изменений климата становятся одной из приоритетных задач государственной политики РФ. В последние годы прилагаются значительные усилия в части обеспечения информационно-аналитической поддержкой процесса принятия государственных решений в области климата. Разрабатывается комплексная макроэкономическая оценка, происходящих в настоящее время климатических изменений, формулируются задачи для принятия эффективных мер по снижению рисков и адаптации экономики к изменениям климата [1,2]. Фактически данные документы послужили основой Климатической доктрины Российской Федерации, утвержденной Президентом Российской Федерации 17 декабря 2009 года [3]. Большую роль в этом плане играют долгосрочные прогнозы погоды. Несмотря на многочисленные исследования по изучению климата и его изменений, проводимых как российскими, так и

© Закусилов В.П., Гедзенко Д.В., Неъматов М.С., 2020

международными научными сообществами, на сегодняшний день эта проблема остается актуальной.

Вместе с тем прогнозирование погоды на длительные сроки является весьма трудной задачей. Последние годы прошли под знаком интенсивных исследований в области использования современных гидродинамических моделей. Однако существенных изменений в этой области не произошло. Главной причиной, по мнению некоторых ученых [4], является различие в инерционной неоднородности океана, суши и других компонентов климатической системы, а также внешних факторов. Поэтому задачу прогноза, в первом приближении, целесообразно решать путем имеющихся временных рядов и выявления в них закономерностей, в частности, путем нахождения трендов, необходимых для инерционно-климатических прогнозов.

Характеристика модели многолетнего распределения температуры

Исследованию трендов в Российской Федерации посвящено большое количество работ [5–11], которые, как правило, более или менее носили сглаженный характер, целью данного исследования является на основании компьютерного моделирования получение более детальных оценок трендов на территории Европы, ограниченной широтами 40–60º с. ш. в секторе 0–60º в.д.

Информационной базой служили данные реанализа NCAR/NCEP [12] по среднемесячной температуре воздуха на поверхности 1000 гПа в узлах широтно-долготной сетки, с шагом 2,5º. Использованы одноименные месяцы (январи) в период с 1958 по 2014 годы. Показателем величины и знака тенденции служил угол наклона линейного тренда, который описывает направление и скорость изменения температуры.

Для примера, на рисунке 1 представлена модель многолетнего распределения температуры для узла сетки с координатами 60º с. ш. 0º в. д., который находится на крайнем северо-западе, рассматриваемой в данном исследовании территории Европы. В течение рассматриваемого промежутка времени в данном узле отмечается положительный линейный тренд, который указывает на то, что в многолетнем ходе температуры имеет место повышение среднемесячной температуры воздуха. Скорость повышения температуры составила 0, 37 ºС/10 лет.

Из рисунка следует, что на фоне повышения происходили значительные межгодовые и декадные колебания, которые были аппроксимированы полиномом 6-ой степени. С точностью R^2=0,246 можно говорить о наличии во временном ряду гармонических колебаний с периодом, примерно, 24–25 лет. Особенно четко это

проявляется по экстремальным минимумам температуры. Аналогичный результат был получен и обоснован в работе [13]. Таким образом, в среднем, температура воздуха с течением времени растет не монотонно, а на фоне возрастающей синусоиды. Поэтому ориентироваться только на рост температуры, не совсем правильно, так как, наряду с длительным периодом повышения температуры (например, с 1963 по 1975 годы), наблюдался длительное время отрицательный тренд, то есть, температура преимущественно понижалась, хотя в среднем, тренд положительный.

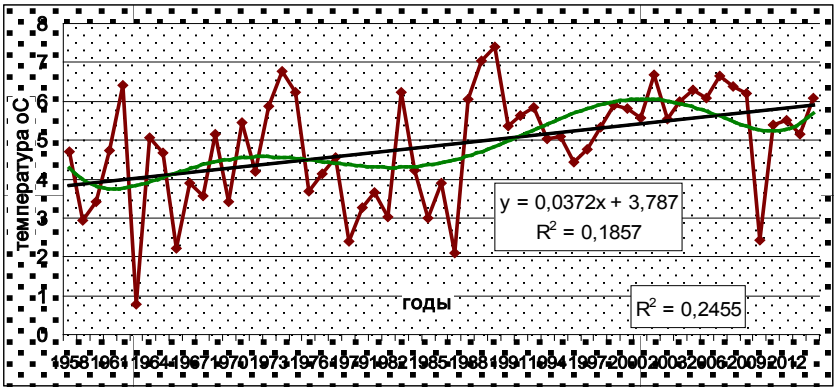


Рис. 1. Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в узле 60º с. ш. – 0º в. д.

Для выяснения изменений в скорости и направлении тенденции в остальных точках (узлах регулярной сетки с шагом 2,5º) исследуемой территории, для каждой из них строились аналогичные графики многолетнего распределения температуры. По полученным графикам, для каждого узла в отдельности, оценивались трендовые составляющие по которым, предварительно, проводилось осреднение по формуле:

$$\alpha_\lambda = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_{i\lambda\varphi} \qquad (1)$$

где α_λ – значение величины тренда, осредненного по широтам φ (φ= 40, 42,5, 45…60º), при фиксированной долготе λ, *i* – порядковый номер широты, *n* – количество широт φ, кратных 2,5º.

Модель линейного тренда, усредненного по широтам, вдоль фиксированных долгот λ представлены на рисунке 2.

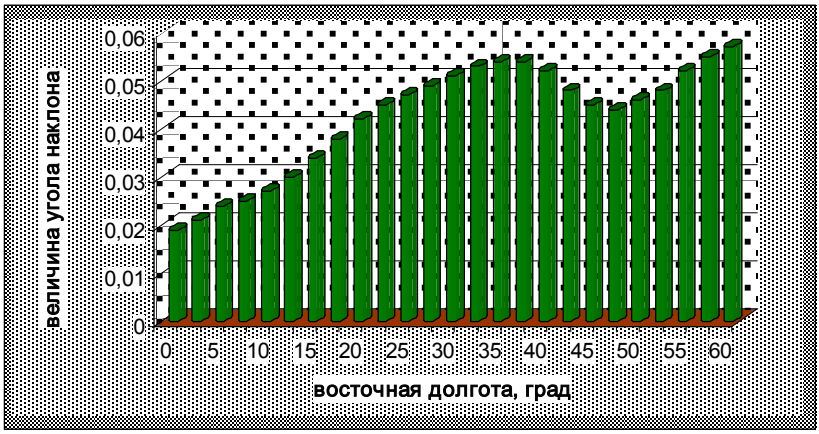


Рис. 2. Распределение величины линейного тренда, усредненного по широтам, вдоль фиксированных долгот λ

В среднем, на всех долготах знак тренда положительный, то есть температура воздуха растет, однако скорость изменения температуры на различных долготах не одинакова. Максимальная скорость повышения температуры приходится на сектор долгот от 25º до 45º в. д., в котором скорость роста температуры превышает 0,5 ºС/10 лет. Экстремальные значения приходятся на долготу 35º –37º в. д. с величиной тренда до 0,54 ºС/10 лет. К западу от центра величина угла линейного тренда уменьшается, скорость повышения температуры на долготе 0º составляет лишь 0,18 ºС/10 лет. На долготе 50º в.д. появляется второй относительный минимум со значением 0,47º/10 лет. Далее величина тренда растет, на крайнем востоке она достигает величины 0,60 ºС/10 лет.

Описанное усредненное распределение линейных трендов дает наглядное представление о наиболее вероятном фоне. Анализ кривых, построенных для индивидуальных узлов, показал, что на различных широтных зонах распределение скорости изменения температуры происходит специфическим образом. Широтные кривые, сгруппированные по однородности хода, представлены на рисунках отдельно для северных, центральных и южных широт.

Характерные особенности распределения скоростей изменения температуры по долготам для узлов, находящихся в северных широтах

(55-60º с.ш.), показаны на рисунке 3. Для северной группы точек имеет место повсеместное повышение температуры, максимум скорости повышения для них приходится на долготы 30-35º в.д. Однако, при перемещении с юга на север, локализация очага смещается к востоку, величина повышается от 0,8º/10 лет на λ=55º в.д. до 0,94º /10 лет, на долготе 60º в.д.

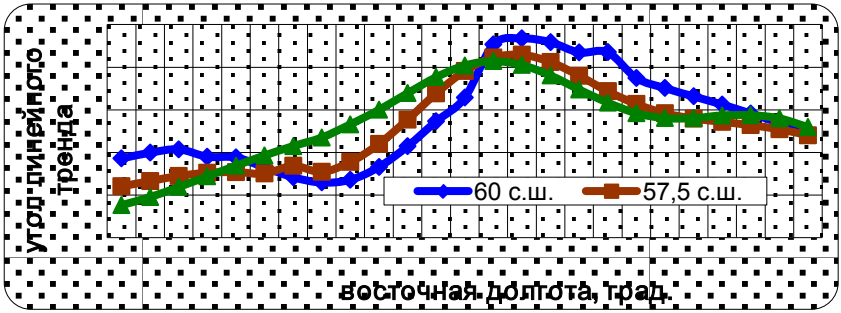


Рис. 3. Изменение скорости роста температуры вдоль долгот для узлов, находящихся в северных широтах 60–55º с. ш.

К западу и востоку скорость роста температуры уменьшается. На крайнем западе величина колебаний по широтам находятся в пределах от 0,14 ºС/10 лет на широте 55º в.д. до 0,39º /10 лет на широте 60º с.ш. На крайнем востоке территории скорость роста температуры не понижается ниже 0,5 ºС/10 лет. Таким образом, для данной группы широт индивидуальные колебания величины тренда довольно значительные и далеки от осредненных значений, представленных на рисунке 3.

Скорости изменения температуры в центральных широтах (φ=52,5–47,5º с. ш.) представлены на рисунке 4. Из визуального анализа следует, что для узлов, находящихся на центральных широтах рассматриваемой территории, имеет место также положительный тренд. Однако, по сравнению с северными широтами, скорость роста температуры несколько ниже. На долготах, в секторе 25–30º в. д., она составляет 0,60 ºС/10 лет. Наиболее высокие значения скорости роста отмечаются для широты 47,5º с.ш., где на долготе 45º в.д. угол тренда достигает 0,069.

На западе величина скорости на всех представленных широтах находится в пределах 0,2–0,3 ºС/10 лет. На восточной окраине региона между значениями угла наклона имеет место значительный разброс, при

этом значения скорости в точке с координатами φ = 47,5º с. ш., λ = 55º в. д., уменьшается до нуля. Максимальные значения для этой долготы отмечаются для широты 52,5º с. ш. и составляют 0,55 ºС /10 лет. Таким образом, дифференцированный подход позволил выявить различия в величине тенденции по долготам температуры до 0,7 ºС/10 лет.

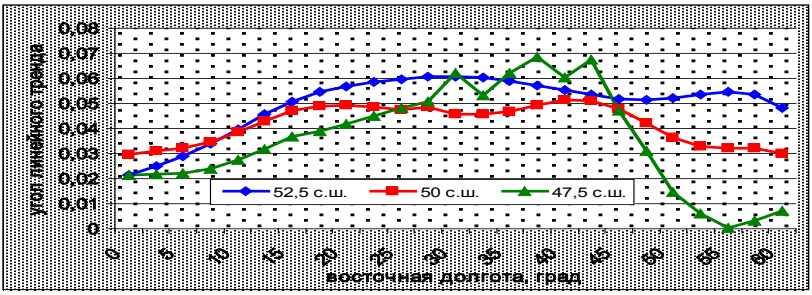


Рис. 4. Изменение скорости роста температуры вдоль долгот для точек,находящихся в центральных широтах (φ = 52,5–47,5º с. ш.)

Особый вид имеет распределение трендов для точек, расположенных на южных широтах, представленных на рисунке 5. В этих широтах на западных долготах, вплоть до λ = 12,5º в. д., характер линейного тренда имеет однородный ход, с минимальными значениями на долготе 0º, где значения скорости близки к 0, а на широте 42,5º с. ш., она опускается даже несколько ниже.

В восточном направлении кривые хода трендов для различных широт расходятся. Самые низкие значения отмечаются на широте 40º с. ш. Достигнув скорости роста температуры 0,2 ºС/10 лет на долготе 25º в. д., величина линейного тренда на долготе 32,5º в. д. меняет знак на противоположный, а на долготе 37,5º в. д. опускается до –0,3 ºС/10 лет. Восточнее, угол наклона линейного тренда быстро возрастает и на долготе 60º в.д. имеет место рост, а его скорость достигает величины 0,65 ºС/10 лет.

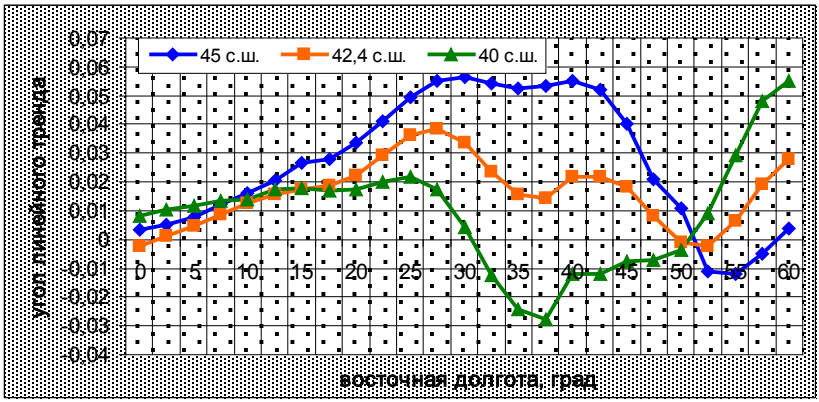


Рис. 5. Изменение скорости роста температуры вдоль долгот для точек, находящихся в южных широтах (φ = 45–40º с.ш.)

Максимальные скорости роста температуры в данной группе широт имеют точки, расположенные на широте 45º с. ш. В секторе 27,5 – 40º в. д. они достигают значений 0,55 ºС/10 лет, а начиная с долготы 42,5º в. д. линейный тренд быстро снижается, и на долготе 52,5º – 55º в. д. принимает отрицательные значения, указывая на тенденцию в этих точках к понижению температуры.

Заключение

Таким образом, дифференцированный подход позволил обнаружить на данной территории, наряду с преобладанием положительных трендов, районы с преобладанием отрицательных трендов. Это характерно, в основном для широты φ = 40 º с. ш.

Список литературы

2. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2008. т. 1. Изменения климата. М., Росгидромет, 227 с.

3. Доклад Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2013 год. М., Росгидромет, 2014. 246 с.

4. Климатическая доктрина РФ. Постановление правительства РФ от 17 декабря 2009 № 851-рп. интернет: http://www.gistatgroup.com/ (дата обращения 15.12.2011).

5. Сонечкин Д.М., Иващенко Н.Н. Оценка природы современного потепления климата на основе анализа пространственно-временной изменчивости температуры воздуха. Сборник научных трудов:70 лет Гидрометцентру России. Гидрометеоиздат. С-Петербург. Из-во ЗАО «ЛИТА». 1999. – С.166–176.

6. Задорожная Т.Н., Закусилов В.П., Луговской А.М. Оценка тенденций в многолетнем ходе температурного режима Северного полушария на уровне 1000 гПа. Вестник ВВАИУ. Воронеж,2012, № 2. С. 56–62.

7. Панин Г.Н. Об изменениях климата в полярных зонах Земли в XX и XXI столетиях, Доклады АН, 2009. т. 427, № 3, С. 397–402.

8. Harley W. S. Trends and variations of temperature in the lover troposphere. – Mon, Wea. Rev. 1978. vol. 106, N 3, p. 413–416.

9. Груза Г.В., Ранькова Э. Я. Вероятностная оценка наблюдаемых и ожидаемых изменений климата Российской Федерации: температура воздуха. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, М.,ИГКЭ., 2011. – С. 43–70.

10. Спириной Л.П. О вековом ходе средней температуре воздуха Северного полушариия. – Метеорология и гидрология, 1969, - С. 85 – 90.

11. Борзенкова И.И., Винников К.Я., Спирина Л.П., Стехновский Д.И. Изменение температуры воздуха северного полушария за период 1881–1975 гг. – Метеорология и гидрология, 1976, № 7, с. 27–35.

12. Задорожная Т.Н., Акимов Л.М. Тенденции изменения температуры Воронежа во второй половине 20-го века. Материалы Всеросийской НПК от 28.12.2007. ЦГФ ФГУП «Госкадар-съемка»-ВИСХАГИ.- Воронеж:издво «Истоки», 2007.– С.125-131.

13. NCEP/DOE AMIP II Reanalysis [Электронный ресурс]. URL: http:// www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html (дата обращения: 22.11.2016).

14. Задорожная Т.Н., Шипко Ю.В., Битюков А.В. Гармонический анализ временного ряда температуры воздуха северного полушария. Всероссийская научно-практическая конференция (26 ноября 2009), Воронеж, ВАИУ, 2009, с. 91–95.

Подход к определению требований к радиотехническому обеспечению полетов государственной авиации

А.Г. Ивануткин, E-mail: mazurova83@mail.ru,
А.В. Блинов, С.Н. Бурянин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Рассмотрен подход к определению общих требований к радиотехническому обеспечению полетов на основе выполнения экипажами полетного задания.*

Ключевые слова: *Радиотехническое обеспечение полетов, воздушное судно, полет по маршруту*

Введение

Важной задачей, которая возлагается на радиотехническое обеспечение (РТО) полетов государственной авиации является обеспечение экипажей воздушных судов (ВС) и лиц группы руководства полетами своевременной и достоверной информацией о местоположении ВС на земле и в воздухе в любых условиях обстановки.

Современный этап развития отечественной авиации предъявляет высокие требования к обеспечению безопасности полетов ВС в воздушном пространстве в конкретной сложившейся обстановке.

Требования к радиотехническому обеспечению (РТО) полетов государственной авиации целесообразно уточнять по задачам, решаемым РТО полетов в ходе обеспечения этапов полета воздушного судна (ВС).

1. Требования к радиотехническому обеспечению взлета воздушного судна

На этапе взлета экипажи из всего состава средств РТО будут использовать информацию формируемую только светосигнальными средствами. В связи с этим для РТО взлета необходимо обеспечить надежный визуальный контакт летчика с огнями светосигнального оборудования (ССО) аэродрома. Задача обеспечения взлета будет успешно решена если достигнут надежный визуальный контакт с огнями ССО аэродрома. Учитывая взлетный метеоминимума летчика, среднюю взлетную скорость ВС, время на обнаружение летчиком огней ССО для яркости фона, характерного для сложных метеоусловий днем и

порогового блеска используя методику [1] можно определить требуемую вероятность визуального контакта $P_{вк}$.

2. Требования к радиотехническому обеспечению вывода воздушного судна в заданный район

Задача обеспечения вывода ВС в заданный район будет решена, если будет обеспечен вывод самолетов с требуемой точностью. Определение требуемой точности вывода ВС в заданный район проводится как правило для гарантированной вероятности, заданной для конкретного типа ВС. Исходя из этого для допустимой линии бокового уклонения от линии заданного пути среднеквадратическое отклонение определения местоположения самолета можно определить из выражения 1:

$$P_{гар} = \Phi\left(\frac{r_{тр}}{\delta_r}\right) \quad (1)$$

где: $r_{тр}$ – требуемое значение точности определения местоположения ВС; δ_r – среднеквадратическое отклонение ВС.

Подставив в данное выражение значения $P_{гар}$ и $r_{тр}$, получим требуемые значение δ_r, соответствующих для допустимых значений линии бокового уклонения от линии заданного пути.

Среднеквадратическая ошибка определения местоположения самолета складывается из среднеквадратической ошибки определения координат с использованием наземного средства РТО, погрешности программирования местоположения средства РТО и методических ошибок алгоритма решения задачи навигации в вычислителе пилотажно-навигационного комплекса ВС [2].

С учетом этого суммарная ошибка определения места самолета вычисляется по формуле 2:

$$\delta_r = \sqrt{\delta^2{}_{РТО} + \delta^2{}_{РМ}} + r_{мет} \quad (2)$$

где: $\delta_{РТО}$ – среднеквадратическая ошибка определения местоположения самолета с использованием средства РТО; $\delta_{РМ}$ – погрешность программирования местоположения радиомаяка; $r_{мет}$ – методическая ошибка алгоритма решения задачи навигации в вычислителе.

Минимальное из полученных значений ошибки целесообразно принять за требуемое.

Привод в район аэродрома состоит из полета до точки начала снижения, снижение до опорной высоты на определенном удалении от торца взлетно-посадочной полосы (ВПП), разворота на посадочный курс на заданной высоте до выхода в зону действия радиомаячных систем (РМС) аэродрома. При этом, с выходом самолета в коридор заданных параметров (относительно оси ВПП), отрабатывается сигнал, по которому приемник бортовой радиотехнической системы ближней навигации переключается на рабочие частоты РМС. Исходя из этого в качестве требуемого значения точности вывода самолета в район аэродрома r_{mpPA} целесообразно определить значение, не превышающее значений коридора при подходе к аэродрому посадки. В статье принято, что решение задачи обеспечения вывода ВС в район аэродрома аналогично решению задачи обеспечения вывода ВС в заданный район. В связи с этим для определение требуемой точности радиотехнической информации воспользуемся значением гарантированной вероятности [3].

Центральное место в навигации занимает процесс определения местоположения летательных аппаратов в воздушном пространстве. Наряду с ростом скоростей и усложнением авиационной техники, повышаются требования к точности радионавигационной информации по определению местоположения ВС. В то же время, тенденция создания и внедрения новых средств РТО заметно отстает от развития авиационной техники. На данный момент радионавигационная информация, поступающая от различных средств РТО (подчас дублирующих друг друга), используется автономно. Положительным является то, что обеспечивается достаточная надежность получения радионавигационной информации. Но есть и недостатки: сравнительно невысокая точность определения местоположения ВС; неудобство и затрата времени на переключения и перестройку аппаратуры; низкая помехоустойчивость; небольшая зона действия в условиях горной местности и на малых высотах полета ВС; информация представляется потребителю в неявном виде.

Каким образом повысить точность определения местоположения ВС, используя радионавигационную информацию от средств РТО, состоящих на вооружении в настоящее время? Для ответа на этот вопрос рассмотрим возможность повышения точности определения МП ЛА на основе комплексной обработки радионавигационной информации с использованием программного продукта Mathlab.

Комплексная обработка радионавигационной информации заключается в том, что определение местоположения ВС производится в единой системе координат по взвешенным расчетам отдельных измерений с оптимизацией весовых коэффициентов по критерию минимального среднего квадратического отклонения на основе заранее созданной базы данных средств РТО и одновременно измеряемых параметров от этих средств, в зоне действия которых находится ВС. Поэтому в качестве исходной информации выступают:

- база данных средств РТО, содержащая следующую информацию:
- точные координаты развернутых средств РТО в предполагаемом районе полетов, точностные характеристики определяемых навигационных параметров этих средств и радионавигационного оборудования, установленного на борту ЛА, с которым наземные средства РТО образуют единую систему;
- измеряемые навигационные параметры от всех средств РТО, доступных в данном районе полетов на данный момент времени (азимуты, дальности, пеленги).

Рассмотрим пример, в котором определяется МП ЛА с использованием информации от приводной радиостанции и двух станций РСБН-4Н.

Определение местоположения ВС производится на основе пересечения линий положения измеряемых параметров радионавигационной информации. На первом этапе комплексной обработки радионавигационной информации предполагается расчет координат точек, полученных пересечением линий положения по измеренным навигационным параметрам от всех средств РТО.

В рассматриваемом примере - это точки пересечения следующих линий положения: А1, А2, А3, Д2, Д3. Расчет производится на плоскости, в итоге получаем координаты десяти точек. Как же определить истинное местоположение ЛА? Для ответа на этот вопрос производится расчет коэффициентов достоверности радионавигационной информации для каждой рассчитанной точки по оси X и Y с учетом минимального среднего квадратического отклонения.

Результаты расчетов показывают, что ошибка определения МП ЛА по оси X и Y меньше средней радиальной ошибки, с которой определяется МП ЛА от одной станции РСБН, имеющей достаточную степень точности.

Из ряда рассмотренных примеров, в которых изменялись тип средства РТО, расположение на местности, количество и точностные характеристики, было отмечено, что применение данной методики позволяет уменьшить ошибку в определении МП ЛА на 20-30%. Однако, необходимо проведение дальнейшего исследования в этой области путем имитационного моделирования и практической проверки для выявления недостатков и совершенствования вышеизложенной методики.

3. Требования к радиотехническому обеспечению посадки воздушного судна

Выполнение посадки является важным этапом полета ВС. Недостаточно четкая организация и выполнение посадки могут привести к потерям летного состава и авиационной техники, а также к дополнительному расходу топлива при уходе самолетов на второй круг и увеличению времени подготовки к повторному вылету. В связи с этим при обеспечении данного этапа полета к РТО предъявляются наиболее жесткие требования.

Главная цель РТО при решении данной задачи заключается в обеспечении успешной посадки ВС. Исходя из требуемой категории метеоминимума аэродрома, успешность посадки определяется точностью выхода самолетов в некоторую область пространства, на заданных высоте и удалении от торца ВПП. В данной области отклонения самолетов от оси ВПП (боковое отклонение ΔLδ) и заданной глиссады планирования (отклонение по высоте) не должны превышать допустимых значений. Установлено, что на устранение отклонений по высоте затрачивается существенно меньше времени, чем на устранение отклонений по курсу. Это позволяет, в дальнейшем, учитывать только боковые отклонения. В зависимости от посадочного минимума, значение допустимого бокового отклонения (ΔLб.о) будет определяться из соотношения.

$$\Delta L_{б.о} = \frac{2V^2_{пл}}{9{,}8tg\gamma}\left[\left(\frac{1+\cos\Delta\varphi}{2}\right) - \sqrt{1-\left(\frac{S_{ман}\,9{,}8tg\gamma}{2V_{пл}}\right)^2 - \left(\frac{\sin\Delta\varphi}{2}\right)^2}\right] + L_{ВПП} \qquad (3)$$

где: $V_{пл}$ – скорость предпосадочного планирования ВС, м/с; γ – значение среднего угла крена ВС при маневрировании, град; Δ_{ϕ} – угол между направлением вектора путевой скорости ВС и направлением посадки, град; $S_{ман}$ – дистанция маневрирования, необходимая для устранения бокового отклонения ВС от посадочной траектории, м;

$L_{ВПП}$ – допустимое линейное боковое отклонение ВС от оси ВПП в момент приземления, м.

Величина $\Delta L_{б.о}$ зависит от длины участка маневрирования $S_{ман}$. В свою очередь, $S_{ман}$ зависит от дальности прямой видимости ВПП ($Д_{пр.вид}$). Формульная зависимость между ними имеет вид:

$$S_{ман} = Д_{пр.вид} - V_{пл} t_{обн} - S_{ТНВ} \quad (4)$$

где: $S_{ТНВ}$ – дистанция начала выравнивания от порога ВПП; $t_{обн}$ – время, необходимое для визуального обнаружения ВПП.

В связи с этим можно предъявить требования к точности вывода самолета для успешного выполнения посадки. Для решения задачи успешной посадки экипажей средства РТО должны обеспечить: определение местоположения ВС относительно курса посадки и глиссады планирования в любых метеорологических условиях, днем и ночью; безаварийную посадку, исключающую опасные сближения экипажей друг с другом и с препятствиями.; непрерывный контроль за выполнение посадки экипажами; установление надежного визуального контакта с огнями ССО ночью и в СМУ.

Таким образом радиотехническое обеспечение государственной авиации включает совокупность последовательно выполняемых задач по обеспечению взлета и построения боевых порядков; обеспечению вывода экипажей в заданный район; обеспечению вывода экипажей в район аэродрома; обеспечению захода на посадку и посадки ВС. Выполнение каждой из задач обеспечения зависит от успешности выполнения предыдущей задачи, а весь их комплекс составит группу совместных событий. «Удельный вес» каждой из приведенных задач, решаемых на различных этапах полета, будет различным. Его можно учесть посредством введения весовых коэффициентов. При генерировании значений весовых коэффициентов могут быть применены любые формальные схемы компромисса.

Решение о выборе для расчетов того или иного варианта может быть принято, исходя из содержания задач РТО, а также условий, в которых выполняются задачи государственной авиацией.

Заключение

Таким образом, последовательность и содержание этапов выполнения задач государственной авиацией обуславливают задачи радиотехнического обеспечения полетов, которые должны быть

выполнены в ходе ее осуществления. Оценку эффективности РТО полетов государственной авиации целесообразно произвести по качеству решения данных задач.

Список литературы

1. Приказ Минтранса России №297 от 20.10.2014 г. «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь». – Москва: Минтранс России, 2014. – 231 с.

2. Стафеев М.А., Василевский А.А. Методика оценки состояния системы радиотехнического обеспечения полетов авиационной базы // Материалы международной научно-практической конференции «Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии». –Воронеж: ВИ МВД России, 2019. – с. 88-93.

3. Блинов А.В., Иванутkин А.Г., Юрченко С.П. Выбор показателей эффективности системы радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации // Материалы VI Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученных и специалистов «Энергосбережение и эффективность в технических системах» 3-5 июня 2019 г. – Тамбов: ТГТУ, 2019. – с. – 82-85.

Формирование предложений по детализации алгоритмов распознавания принадлежности сигналов линий спутниковой связи одновременно наблюдаемым спутникам-ретрансляторам

Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев, e-mail: dmaliev@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В интересах решения задач радиоконтроля систем спутниковой связи способом диагностики трактов ретрансляции с использованием тестовых сигналов разработаны предложения по детализации алгоритмов распознавания, обеспечивающие минимизацию времени поиска ретранслированных тестовых сигналов при их обработке.*

Ключевые слова: *радиоконтроль; спутниковая связь; тестовый сигнал; поиск сигналов.*

Введение.

Современное состояние и тенденции развития высокоскоростных широкополосных информационных систем характеризуются разработкой и развертыванием в рамках используемого диапазона электромагнитного спектра большого числа систем спутниковой связи (СС) различного назначения [1]. В этой связи в точке на поверхности Земли могут одновременно наблюдаться сигналы линий СС, ретранслируемых различными спутниками-ретрансляторами (СР), что обусловливает целесообразность проведения распознавания принадлежности сигналов линий СС излучениям различных СР в рамках радиоконтроля спутниковых геостационарных систем способом диагностики трактов ретрансляции спутников связи с использованием специально сформированных тестовых сигналов (ТС) [2].

1. Решение задачи распознавания.

С учетом особенностей энергетического расчета спутниковых линий связи решение задач распознавания обеспечивается на основе обработки ретранслированных ТС, поступающих на вход приемных устройств в составе смеси [3]:

$$\vec{y}(t) = \vec{s}(t, \vec{\Lambda}) + \vec{n}(t), \qquad (1)$$

где $\vec{y}(t)$ – вектор принимаемой реализации входного случайного процесса; $\vec{s}(t, \vec{\Lambda})$ – вектор принимаемых ТС; $\vec{\Lambda}$ – вектор параметров

ТС, входящий в векторный параметр положения $\vec{\Pi}\{a,b,c\}$ [3]; $\vec{n}(t)$ – вектор шумов наблюдения, характеризующий все шумы приему ТС, включая сигналы линий СС как помехи радиоприему, а также помехи, обусловленные взаимодействием сигналов и шумов в нелинейном ретрансляторе.

2. Поиск тестовых сигналов.

Обработка ретранслированных ТС с целью принятия решения о параметрах трактов ретрансляции для формирования значений векторного параметра положения $\vec{\Pi}\{a,b,c\}$ СР осуществляется после проведения процедуры поиска и обнаружения ТС с учетом возможной априорной неопределенности относительно значений частотных подставок стволов ретрансляции Δf_{Ri}. Минимизация времени поиска ТС при их обработке T_{Σ} может быть достигнута за счет реализации беспоискового по задержке алгоритма обработки ТС при их приеме, выбора оптимального поискового алгоритма и частотно-временных параметров формируемых ТС:

$$T_{\Sigma} = \tau_{TC} + T_{\Pi\tau} + T_{\Pi f} + T_{TC} \qquad (2)$$

где τ_{TC} – задержка ТС с учетом пространственного положения СР и точки наблюдения; $T_{\Pi\tau}$ – время, необходимое для поиска ТС по задержке; $T_{\Pi f}$ – время, необходимое для поиска ТС в частотной области; T_{TC} – длительность ТС.

Для беспоискового по задержке алгоритма обработки на передающей стороне формируются составные ТС, состоящие из двух одинаковых по структуре и разнесенных по частоте сигналов, что позволяет использовать на приемной стороне одну из частей ретранслированного сигнала в качестве опорной при корреляционно-частотной обработке сигналов [4]. При этом частоты составного ТС выбираются из условия исключающего ситуации, при которых коэффициент корреляции сигналов одинаковой длительности ρ_{12} принимает значение равное нулю – рис. 1:

$$2\pi(f_2 - f_1)T_{TC} \neq k\pi \qquad (3)$$

где f_1, f_2 – частоты составного ТС; $k = 1,2,...$

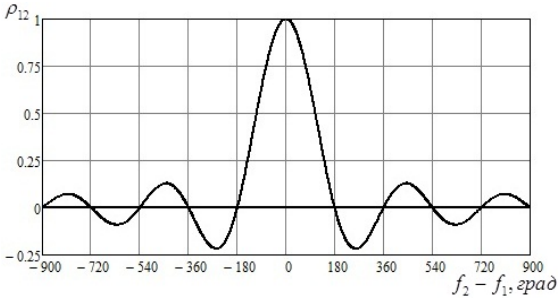


Рис. 1. Зависимость коэффициента взаимной корреляции элементов составного сигнала от произведения разноса частот на длительности сигнала

Для поиска ретранслированных ТС в полосе частот тракта ретрансляции спутника, когда неизвестен факт прохождения ТС через приемо-передающий тракт ретранслятора, целесообразно рассмотреть поисковый алгоритм, обеспечивающий минимальное время поиска $T_{\Pi f}$ при заданной вероятности успешного завершения поиска $P_0(T_{\Pi f})$.

В общем случае поиск сигналов в заданном частотном диапазоне предполагает пошаговое снижение области неопределенности частотного положения ТС при начальном грубом измерении частотного положения сигнала в контролируемом стволе ретрансляции. При этом измерение частот сигналов на каждом шаге может осуществляться посредством вычисления максимального значения функционала правдоподобия [5]:

$$L\left[f_{TC}\right] \sim \exp\left[-\frac{1}{N_0}\int_0^{T_{TC}}\left[\vec{y}(t)-\vec{s}(t,f_{TC})\right]^2 dt\right] \qquad (4)$$

Наиболее важными характеристиками приемника ТС являются вероятность успешного завершения поиска и среднее время поиска. При этом наиболее эффективным будем полагать поисковое устройство, обеспечивающее минимальное время поиска $T_{\Pi f}$ при заданной вероятности успешного завершения поиска $P_0\left(T_{\Pi f}\right)$ [6]:

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N} p_i D\prod_{j=i}^{N-1}\left(1-F_j\right)}{1-\left(1-D\right)\prod_{j=i}^{N-1}\left(1-F_j\right)} = \frac{1}{NF}\left(\frac{D\left(1-\left(1-F\right)^N\right)}{1-\left(1-D\right)\left(1-F\right)^N}\right) \qquad (5)$$

где $p_i = 1/N$ – вероятность обнаружения сигнала в i-й ячейке поиска; D – вероятность правильного обнаружения сигнала в ячейке поиска; $F_j = F$ – вероятность ложной тревоги при анализе «пустой» ячейки.

В рамках минимизации среднего времени поиска наиболее эффективным является критерий последовательного анализа Вальда (критерий последовательного наблюдения), при котором производится непрерывный анализ отношения правдоподобия и сравнения его с двумя порогами [5]:

$$h_1 = \frac{1-D}{1-F}, \qquad h_2 = \frac{D}{F} \tag{6}$$

Критерий последовательного наблюдателя позволяет независимое задание вероятностей ложной тревоги F и правильного обнаружения D и обеспечивает возможность минимизации среднего времени, необходимого для принятия решения при заданных значения F и D. На рис. 2 представлены зависимости изменений порогов принятия решений по критериям Неймана-Пирсона и последовательного наблюдателя Вальда при малом (а) и высоком (б) отношении сигнал/шум от вероятности ложной тревоги F (сплошные линии – верхний h_2 и нижний h_1 пороги по критерию Вальда, пунктирная – порог по критерию Неймана-Пирсона).

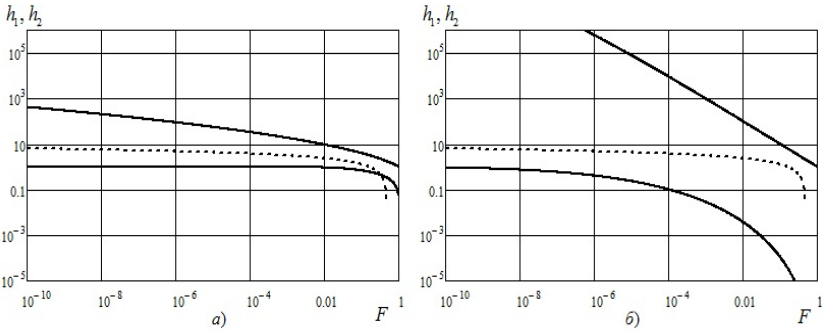


Рис. 2. – Зависимости порогов для критерия Неймана-Пирсона и последовательного анализа Вальда при малом (а) и высоком (б) отношении сигнал/шум от вероятности ложной тревоги

Анализ статистических зависимостей последовательного поиска с использованием критерия Вальда показывает, что минимизация времени поиска достигается за счет уменьшения времени анализа «пустых» ячеек поиска.

Математическое ожидание и дисперсия времени последовательного поиска ТС в полосе частот ствола ретрансляции с использованием двухпорогового решающего устройства Вальда представляет собой зависимость от среднего числа отсчетов, необходимых для принятия решения о наличии или отсутствии сигнала, которые определяются вероятностями пропуска сигнала $(1-D)$ и ложной тревоги F [5]:

$$m\left\{T_n^{посВ}\right\} = \frac{2t_a^2}{q^2}\left[\frac{1-D}{D}\ln(h_1) + \ln(h_2) + \left(\frac{N-1}{2}\right)\left(\frac{2-D}{D}\right)\ln\left(\frac{1}{h_1}\right)\right]$$

$$\sigma^2\left\{T_n^{пв}\right\} = \frac{4t_a^2\ln\left(\frac{1}{h_1}\right)}{q^4}\left[\frac{N^2}{12} + \frac{N^2(1-D)}{D^2}\right] + \tag{7}$$

$$+\frac{8t_a^2}{q^4}\frac{(N-1)}{2}\frac{(2-D)}{D}\ln(h_1) +$$

$$+\frac{8t_a^2}{q^4}\left(\ln(h_2) + \frac{1-D}{D}\ln(h_1)\right) - \frac{16t_a^2}{q^4}\frac{1-D}{D^2}\ln(h_1)^2$$

где q^2 – отношение сигнал/шум по мощности.

С использованием выражений (7) построены зависимости математического ожидания и дисперсии последовательного поиска с использованием критерия Вальда от времени анализа элементарной ячейки t_a для различной вероятности ложной тревоги F (сплошная линия $F = 10^{-6}$, пунктирная – $F = 10^{-3}$), представленные на рис. 3.

3. Режекция участка спектра ТС

Режекция участка спектра ТС R обусловленная частичным непопаданием в полосу ствола ретранслятора в условиях априорной неопределенности о его точных граничных частотах вызывает искажение формы и вида корреляционной функции сигналов. В зависимости от ширины режектируемого участка спектра сигнала $\Delta F/F_{TC}$ в той или иной мере снижается относительная величина пика его корреляционной функции:

$$R = \frac{P_{TC}}{P_{ш}} 2F_{TC}T_{TC}\left(1 - \frac{\Delta F}{F_{TC}}\right) \tag{8}$$

Кроме того, вследствие изменения внутренней структуры ТС меняется интервал его корреляции $\tau_{кор}$, и традиционная обработка такого сигнала с использованием корреляторов становится

проблематичной – рис. 4.

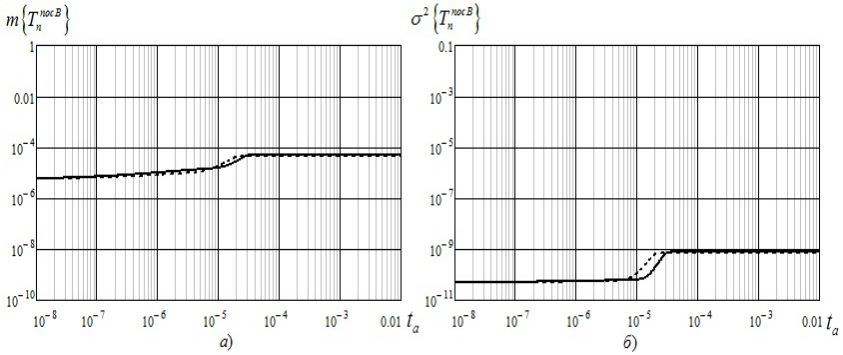


Рис. 3. – Зависимости математического ожидания (а) и дисперсии (б) среднего времени последовательного поиска с использованием критерия Вальда от времени анализа элементарной ячейки

Использование составных ТС при решении задач контроля частотного плана позволяет устранить необходимость поиска ТС по задержке, а искажение корреляционной функции и интервала корреляции не будут оказывать влияние на точность оценки времени задержки ТС.

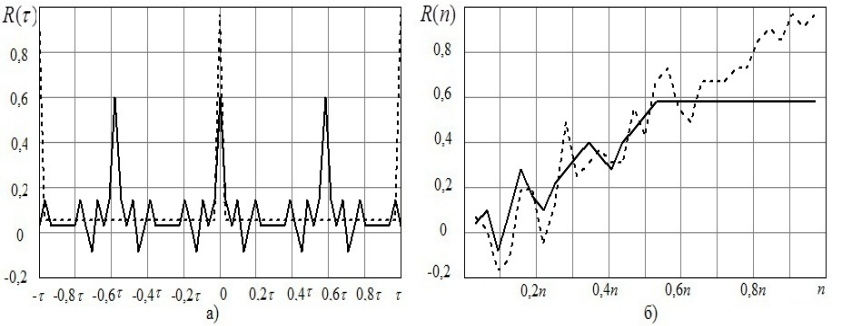


Рис. 4. – Зависимость деформации корреляционной функции от ширины режектируемого участка

В этой связи предпосылкой к некоторому снижению времени обработки ТС без значительного ухудшения качества распознавания

является возможность использования усеченных ПСП максимальной длины:

$$R(\tau) = A^2 \int_0^{T_{УТС}} g_{ТС}(t) g_{УТС}(t-\tau) \begin{bmatrix} \cos\left(2\pi f_1 t + \varphi(t)\right) + \\ + \cos\left(2\pi f_2 t + \varphi(t)\right) \end{bmatrix}^2 dt \qquad (9)$$

Результаты моделирования режекции длительности ретранслированных ТС, вызванных использованием критерия Вальда, показали, что 10–15% уменьшение длительности периода ТС не влечет за собой значительного снижения амплитуды основного пика автокорреляционной функции (рис. 5) и, тем самым, не сказывается на качестве решения задачи распознавания и оценки точности проводимых измерений [3].

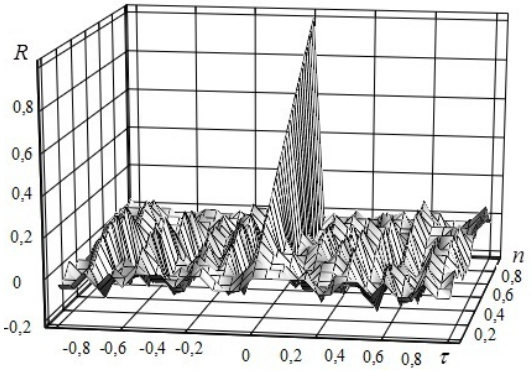


Рис. 5. – Зависимости изменения автокорреляционной функции ТС R от величины режекции длительности ПСП τ и усечения длины ПСП n

Заключение

Для поиска ретранслированных ТС в полосе частот тракта ретрансляции спутника при решении задач распознавания принадлежности наблюдаемых сигналов линий СС трактам различных спутников, когда неизвестен как факт прохождения ТС через приемо-передающий тракт ретранслятора, так и сам факт функционирования ствола ретранслятора (а также его энергетические и поляризационные параметры) целесообразно применение последовательного поиска с использованием последовательного анализа Вальда. Данный критерий позволяет из допустимой вероятности ложной тревоги F определить вероятность успешного завершения поиска P_0 при наименьшем

среднем времени поиска ТС в частотном диапазоне. Полученные результаты моделирования дают основание к формированию предложений по детализации алгоритмов ведения диагностики трактов ретрансляции систем СС с учетом обеспечения требований минимизации времени поиска ТС при их обработке. Минимизация времени поиска ТС достигается за счет использования составных ТС и алгоритма последовательного поиска Вальда.

Список литературы

1. Спутниковые системы связи и вещания. М.: Радиотехника, 2015. – 330.

2. Илларионов, Б.В. Оценка возможности распознавания излучений одновременно наблюдаемых спутников-ретрансляторов / Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2017. − Вып. 659. − С.46−54.

3. Илларионов, Б.В. Характеристики распознавания излучений одновременно наблюдаемых спутников–ретрансляторов в условиях коррелированных помех / Б.В. Илларионов, Р.И. Буров, Д.С. Малиев // Радиотехника. – 2018. – № 8. – С. 48-51.

4. Диксон, Р.К. Широкополосные системы / Р.К. Диксон. − М.: Связь, 1979. − 301 с.

5. Журавлев, В.И. Поиск и синхронизация в широкополосных системах / В.И. Журавлев. – М.: Радио и связь, 1986. – 240 с.

6. Поиск, обнаружение и измерение параметров сигналов в радионавигационных системах / Под редакцией Ю.М. Казаринова. − М.: Сов. радио, 1975. − 296 с.

Особенности компьютерного моделирования поверхности полимерных мембран, используемых в производстве колбасных изделий

О. В. Исаева, email: phys@nnn.tstu.ru
И. А. Осипова, А. М. Желудков

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Представлены результаты исследования поверхности и определения параметров полимерных мембран, используемых в производстве колбасных изделий с использованием металлографического микроскопа и сканирующей зондовой микроскопии. Данные методы позволяют решить задачу визуализации свойств поверхности. Полученные результаты могут использоваться в физическом лабораторном практикуме.*

Ключевые слова: *полимерные мембраны, металлографический инвертированный микроскоп, сканирующая зондовая микроскопия.*

Введение

Для изучения и наблюдения структуры и топологии различных поверхностей в настоящее время существует много возможностей. Это можно сделать не только визуально или используя оптический микроскоп с высоким разрешением, но и применяя более мощные и современные средства, в том числе зондовый сканирующий микроскоп с современным программным обеспечением обработки изображений.

Целью настоящей работы является исследование возможности использования в учебном процессе оптической и зондовой микроскопии, получение топографии поверхности различных полимерных материалов, пленок, мембран, к которым относятся и оболочки колбасных изделий.

Для изучения поверхности оболочек колбасных изделий использовались металлографический инвертированный микроскоп «МЕТАМ ЛВ-41» и атомно-силовой сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ) «NanoEducator» [1-4].

1. Разработка моделей

В качестве образцов для исследования выбраны фрагменты четырех различных оболочек, используемых в колбасной промышленности согласно ГОСТ Р 52196-2011 [5].

© Исаева О.В., Осипова И.А., Желудков А.М., 2020

Оболочка ФИБРОСМОК – однослойная пластиковая оболочка, с шероховатой поверхностью, проницаемая для коптильного дыма. Предназначена для производства всех видов полукопченых и варено-копченых, вареных колбас, вырабатываемых по технологиям, включающих копчение. Она проницаема для дыма, имеет высокую механическую прочность и эластичность, высокие барьерные свойства по кислороду [6].

ТЕЕРАК – фиброузная (вискозно-армированная) оболочка, изготовленная из длинноволокнистой фибруозной бумаги, регенерированной очищенной целлюлозой. Применяется при изготовлении всех видов колбасных изделий: сырокопченых, сыровяленых, варено-копченых, полукопченых и вареных колбас, продуктов из мяса птицы, морепродуктов и сыродельных изделий, продуктов специального ассортимента. Превосходит по прочности все искусственные влаго-, паро-, дымопроницаемые оболочки. Клипсуется на всех видах клипсаторов, формуется вручную. Имеет повышенную фаршеемкость, выдерживает высокие режимы термообработки. Паро-, газопроницаемость оболочки позволяет достичь желаемого аромата и цвета при копчении. Мелкая пористость оболочки препятствует проникновению микроорганизмов в готовое изделие. Способна к термо- и самоусадке.

Рис. 1. Внешний вид оболочки ФИБРОСМОК и ТЕЕРАК (Бельгия)

ФАБИОС (Польша) - коллагеновая колбасная оболочка. Применяется для всех видов колбасных изделий: сыровяленых, сырокопченых, варено-копченых, полукопченых и вареных колбас, сарделек, продукции из мяса птицы, сыродельных изделий, продуктов специального ассортимента: с обсыпками, белой плесенью и т.д. Оболочки имеют высокую степень проникновения влаги, пара и дыма. Превосходит натуральную оболочку по эластичности, прочности, а главное по бактериальной чистоте. Кольцевая оболочка позволяет придать колбасам форму колец или полуколец, аналогичную

натуральной кишке. Использование оболочки для производства сырокопченых колбас - это гарантия быстрого созревания колбас и стабильность продукта при хранении.

Натуральная оболочка – кишки свиньи. Характеризуется сходством соединительнотканного белка оболочки и белка фарша, в результате чего не происходит «отслоения» оболочки от поверхности колбасы; естественным внешним видом колбасных изделий; возможностью использования в пищу вместе с содержимым; высокой проницаемостью для дыма, которая обеспечивает быстрое и равномерное проникновение дыма; минимальным риском образования бульонно-жирового отека.

Рис. 2. Внешний вид оболочки ФАБИОС и ФАБИОС (Польша)

Образцы колбасных оболочек были нарезаны на кусочки размером 30×50 мм^2 и использовались на стеклянной подложке.

Для исследований использовались: микроскоп «МЕТАМ ЛВ-41», увеличение ×200, ×500; объект микрометр на отражении, цена деления 1 микрон; сканирующий зондовый микроскоп NanoEducator; набор датчиков взаимодействия, тестовые образцы. Изображения выводились на компьютер.

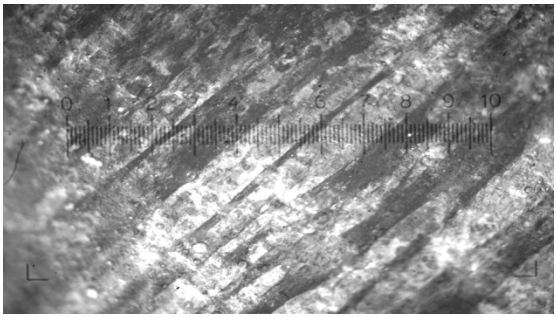


Рис. 3. Изображение поверхности ФИБРОСМОК, полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа ×200

Нами было получено изображение образцов с помощью металлографического инвертированного микроскопа и СЗМ. Измерены параметры включений обнаруженных в оболочке. Результаты представлены на рисунках 3-7.

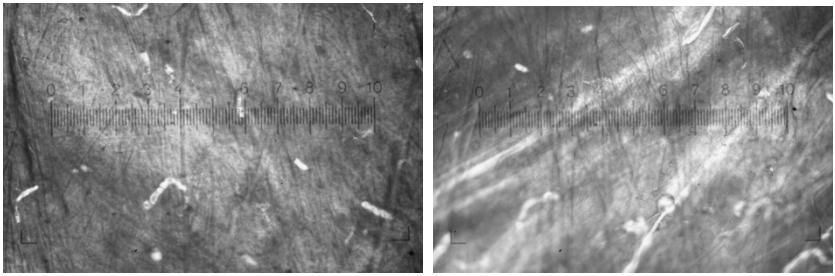


Рис. 4. Изображение поверхности ТЕЕРАК (сухая и мокрая), полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа ×200

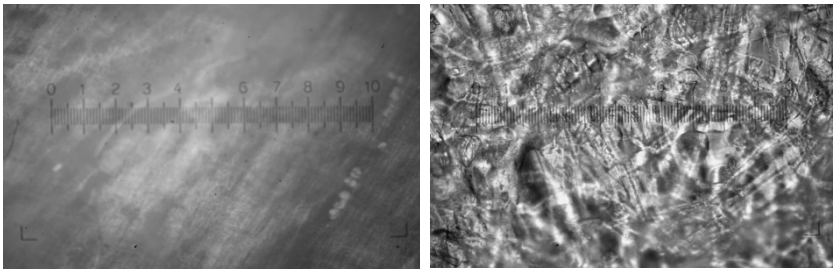


Рис. 5. Изображение поверхности ФИБРОСМОК, полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа ×500 и ×200

Проведенные исследования поверхности полимерных пленок показали, что они не имеют четко выраженной структуры. В синтетических полимерных оболочках видны волокна целлюлозы, между которыми находятся поры позволяющие выполнять роль мембраны. Наличие такой структуры позволяет колбасной продукции не портиться долгое количество времени.

Более детальное исследование поверхности оболочки TEEPAK (Бельгия) было произведено с помощью сканирующего зондового микроскопа NanoEducator. Размер скана 6.45 × 6.45 мкм с разрешением 128 × 128. Сканирование производилось в атомно-силовом режиме. 2D изображение поверхности показано на рисунке 6.

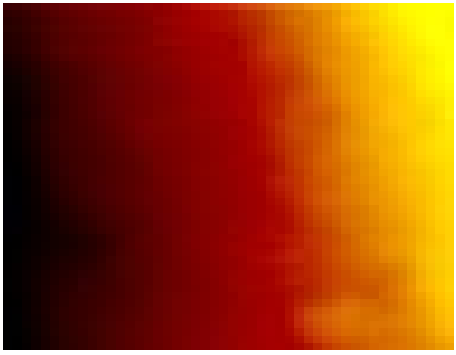


Рис. 6. 2D изображение поверхности оболочки TEEPAK (Бельгия), полученное с помощью сканирующего зондового микроскопа NanoEducator

2D изображение поверхности оболочки TEEPAK (Бельгия), полученное с помощью сканирующего зондового микроскопа NanoEducator не имеет четко выраженной структуры и каких либо особенностей типологии поверхности Дальнейшее исследование и обработка результатов сканирования производилось с помощью программы ScanViewer. Для компенсации отклонения от горизонтального положения были применены фильтры. На рисунке 7 приведены результаты обработки посредством фильтра вычитания поверхности.

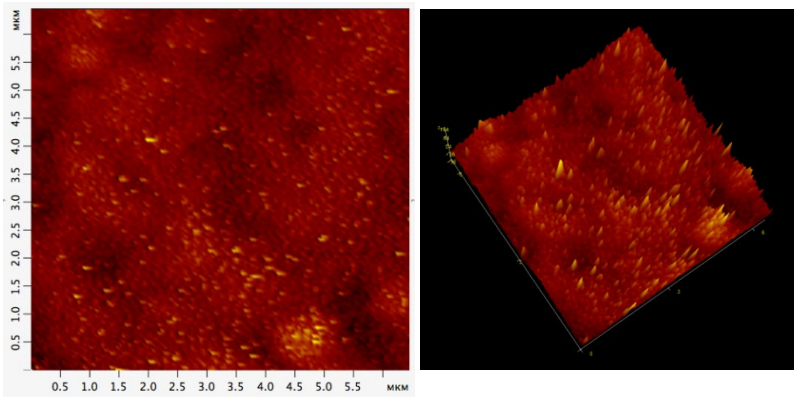
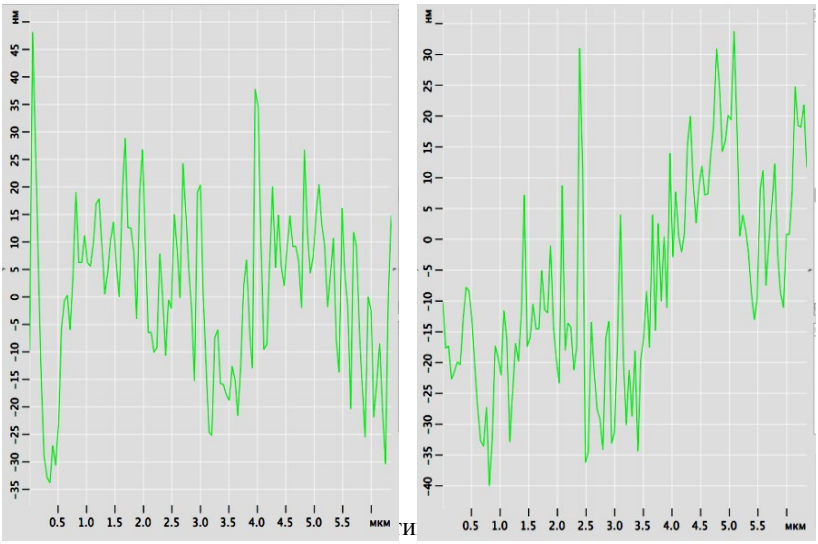


Рис. 7. 2D и 3D СЗМ изображение поверхности оболочки TEEPAK (Бельгия), обработанное с помощью программы ScanViewer

На сканах обнаруживаются хаотично расположенные микропоры, средний размер которых порядка 1 мкм, через которые происходит газовый обмен между пищевой продукцией и окружающей средой. Более детальный анализ поверхности в области микропоры произведен посредством горизонтального и вертикального простого сечения скана поверхности. Результаты сечений представлены на рисунке 8. Наблюдаются беспорядочно расположенные образования конической формы шириной 0.5-1.5 мкм на уровне 25-30 нм от основания. Среднее расстояние между отдельными порами 3 мкм.



и поверхности оболочки TEEPAK (Бельгия).

Заключение

Возможности микроскопа «МЕТАМ ЛВ-41» и сканирующего зондового микроскопа NanoEducator позволяют исследовать и выявлять особенности строения поверхностей с точностью от нескольких микрометров. С помощью программы Scan Viewer можно успешно проанализировать полученные СЗМ изображения, применив разнообразные фильтры, очистить от шумов различного типа. Это позволяет акцентировать внимание на существенных особенностях и отсеять неважное и ошибочное. В данной работе программа успешно позволила описать поверхность оболочки TEEPAK (Бельгия), применяемой при изготовлении колбасных изделий.

Список литературы

1. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Москва: Техносфера, 2005. – 144 с.

2. Анализ морфологии поверхности микрофильтрационных мембран МФФК, МПС методом атомной силовой микроскопии / О. А. Ковалева [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2017. – Т. 17. № 4. – С. 608-615.

3. Исаева, О.В. Исследование поверхности дифракционной решетки методом сканирующей зондовой микроскопии / О. В. Исаева,

В. Е. Иванов, Д. М. Комова // Труды Естественнонаучного и гуманитарного факультета Тамбовского государственного технического университета: сборник научных и научно-методических статей. ТГТУ. Тамбов, – 2014. – С. 75-81.

4. Осипова, И.А. Моделирование процесса научного исследования на примере работы учебной лаборатории по нанотехнологиям / И. А. Осипова, О. В. Исаева // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: Материалы III Международной научно-практической конференции: Электронный ресурс. Общая редакция: В. А. Немтинов. – 2016. – С. 272-276.

5. ГОСТ Р 52196-2011. Изделия колбасные вареные. Технические условия. [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2012. – 32 с.

6. Ланг, Б.А. Колбасные оболочки. Натуральные, искусственные, синтетические / Б.А. Ланг, Г. Эффенбергер – Санкт-Петербург: Профессия, 2009 . –256 с.

Компьютерная электродинамическая модель дефектоскопического контроля диэлектрических материалов и покрытий

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru
В. А. Манин, email: fanny@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Представлена электродинамическая модель на основе дисперсионного уравнения, позволяющая связать величину отслоения диэлектрического покрытия (ДП) с коэффициентом ослабления поля поверхностной медленной электромагнитной волны. Проведена проверка работоспособности модели при дефектоскопическом контроле дефектов в системе CST Studio suite.*

Ключевые слова: *диэлектрическое покрытие, компьютерная электродинамическая модель, дефекты, электрофизические параметры.*

Введение

Диэлектрические покрытия (ДП), работающие в СВЧ-диапазоне, широко применяются в различных областях науки и техники. Основная область их применения – это изготовление печатных и полосковых плат микроволнового диапазона, элементов антенн и других изделий СВЧ-техники. Кроме того, диэлектрические покрытия применяют в виде радиопоглощающих покрытий (РПП) металлических поверхностей авиационных комплексов, танков, ракет и кораблей в целях снижения их радиолокационной заметности (РЛЗ) [1–3].

Для эффективной реализации заявленных выше функций развитие ДП, и, РПП в частности, идет по пути создания тонких, легких, широкополосных и устойчивых к внешним воздействиям материалов. При этом эффективно реализовать свойства современных ДП можно только при строгом соблюдении технологических режимов и допусков при их нанесении. Задача обеспечения надежной адгезии ДП достаточно сложна. При недостаточной адгезии высокие внутренние напряжения приводят к отслоению, а при высокой адгезии – к растрескиванию. Наиболее характерно эти явления проявляются на РПП, работающих в

© Казьмин А.И., Федюнин П.А. Манин В.А., 2020

составе образцов вооружения и военной техники, где они находятся в жестких условиях эксплуатации.

Для оценки эксплуатационной пригодности СВЧ-диэлектрических покрытий наиболее предпочтителен дефектоскопический контроль на сверхвысоких частотах, входящих в рабочий диапазон изделия. Существующие методы и методики радиоволновой дефектоскопии обладают низкой достоверностью и вероятностью обнаружения дефектов из за того, что не позволяют произвести оценку параметров дефекта, таких как глубина залегания, величина раскрытия и размер площади.

Как показано в [2,3] физические особенности распространения поверхностных медленных электромагнитных волн (ПМЭМВ) в слоистых ДП можно эффективно использовать для их неразрушающего контроля. В [2,3] произведено обоснование методов контроля однослойных ДП, использующие концепцию эффективных значений электрофизических и геометрических параметров (ЭФГП), что позволяет при контроле многослойного ДП ограничиться определением только одного эквивалентного значения диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{экв}$, магнитной проницаемости $\mu_{экв}$ и толщины $b_{экв}$ с учетом одновременного влияния всех слоев покрытия.

Основу представленных в [2,3] методов составляют дисперсионные уравнения, которые позволяют связать ЭФГП ДП с коэффициентом ослабления поля ПМЭМВ по нормали к поверхности покрытия – α_y [2,3].

Существенным недостатком представленной модели является невозможность использования ее для построения методов дефектоскопического контроля, позволяющих количественно оценивать величину отслоения покрытия от подложки.

Сложность определения величины отслоения покрытия от подложки заключается в невозможности получения простых аналитических зависимостей между относительной диэлектрической проницаемостью покрытия $\varepsilon_{П}$, его толщиной b, величиной отслоения покрытия d и непосредственно измеряемым коэффициентом ослабления поля ПМЭМВ по нормали к поверхности покрытия – α_y.

Целью представленной работы является разработка нового способа обнаружения и оценки дефекта типа «отслоение» ДП от металлической подложки. Основу способа составляет электродинамическая модель на основе дисперсионного уравнения, позволяющего связать величину отслоения ДП с коэффициентом ослабления поля ПМЭМВ – α_y.

1. Электродинамическая модель распространения ПМЭМВ в диэлектрическом покрытии с дефектом типа «отслоение покрытия от подложки»

На рисунке 1а приведена схема для составления дисперсионного уравнения ДП с дефектом в виде «отслоение». При этом подобный дефект можно рассмотреть, как появление в системе «ДП-металлическая подложка» дополнительного слоя в виде «отслоение» с ЭФГП $\varepsilon_{отсл} = \varepsilon_0$, $\mu_{отсл} = \mu_0$ и $b_{отсл} = d$.

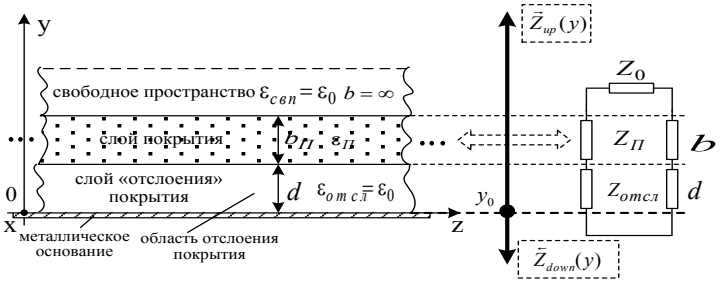


Рис. 1. Геометрия исследуемой системы

ДП характеризуется ЭФГП: $\varepsilon_П$; $\mu_П$; b, где $\varepsilon_П$, $\mu_П$, b – соответственно относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости, а также толщина ДП. Область свободного пространство формально берется в виде отдельного «слоя» ДП с ЭФГП $\varepsilon_{свп} = \varepsilon_0$, $\mu_{свп} = \mu_0$ и $b_{свп} = \infty$.

Найдем дисперсионное уравнение данной системы:

$$\alpha_y = f(\varepsilon_П; b_П; d; \lambda)$$

где λ – длина волны генератора.

Дисперсионное уравнение для рассматриваемой системы ««отслоение»-ДП-слой свободного пространства» составлялось на основе метода поперечного резонанса [4]. При этом входным информативным параметром дисперсионного уравнения является коэффициент ослабления поля ПМЭМВ α_y.

Следуя принципам метода поперечного резонанса [4] каждому слою ДП сопоставим в соответствие четырехполюсник, который представляет собой отрезок линии передачи с длиной равной толщине слоя b и соответствующим характеристическим сопротивлением Z.

Таким образом, ДП с дефектом типа «отслоение» можно заменить эквивалентной схемой. Эквивалентная схема ДП с дефектом типа «отслоение» приведена на рисунке 1б.

В качестве дисперсионного уравнения для собственных волн в ДП может использоваться уравнение поперечного резонанса [4], записанное относительно произвольно выбранного опорного сечения y_0:

$$\bar{Z}_{up}(y) + \bar{Z}_{down}(y) = 0 \quad (1)$$

где $\bar{Z}_{up}(y)$ и $\bar{Z}_{down}(y)$ – эквивалентные характеристические сопротивления «вверх» и «вниз» относительно опорного сечения y_0.

Коэффициент ослабления поля ПМЭМВ α_y связан с постоянной распространения γ и поперечным волновым числом $q_П$ ПМЭМВ ДП следующими зависимостями:

– область свободного пространства:

$$\alpha_y = \sqrt{\gamma^2 - k_0^2} \quad (2)$$

где γ –постоянная распространения поля ПМЭМВ; k_0 – волновое число свободного пространства, $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$;

– в слое ДП:

$$q_П = \sqrt{k_П^2 - k_0^2 - \alpha_y^2} \quad (3)$$

где $k_П$ – волновое число слоя покрытия, $k_П = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_П}$, $\varepsilon_П$ – относительная диэлектрическая проницаемость ДП.

– область с дефектом «отслоение» РПП:

$$q_{отсл} = j\alpha_y \quad (4)$$

С учетом выражений (2,3) выразим характеристические сопротивления слоев ДП через коэффициент ослабления поля ПМЭМВ α_y.

Характеристические сопротивления для Е-волн имеют следующий вид:

– «слой» свободного пространства:

$$Z_0 = -j\frac{\alpha_y}{\omega\varepsilon_0} \quad (5)$$

где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота; ε_0 – диэлектрическая постоянная.

– слой РПП:

$$Z_{П} = \frac{q_{П}}{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_{П}} \tag{6}$$

где $q_{П}$ – коэффициент фазы ПМЭМВ, определяемый по выражению (3).

– «дополнительный слой» в виде дефекта «отслоение»:

$$Z_{отсл} = \frac{q_{отсл}}{\omega \varepsilon_0} \tag{7}$$

Расчетная схема для нахождения характеристического сопротивления «вверх» $\bar{Z}_{ир}(y)$ путем трансформации сопротивлений слоев ДП приведена на рисунке 2.

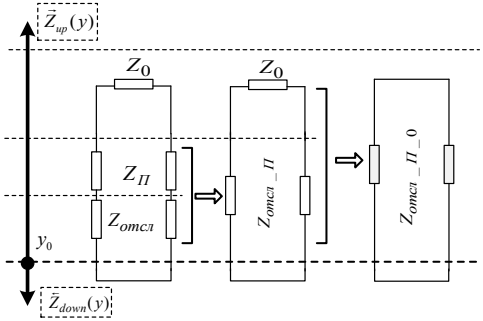


Рис. 2. Расчетная схема трансформации характеристических сопротивлений эквивалентной схемы многослойного диэлектрического покрытия

На основании рисунка 2 формулу трансформации характеристических сопротивлений можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} \bar{Z}_{отсл\_П} = Z_{отсл\_П} \dfrac{Z_{П} + jZ_{отсл\_П} tg(q_{отсл} d)}{Z_{отсл\_П} + jZ_{П} tg(q_{отсл} d)}, \\ \bar{Z}_{отсл\_П\_0} = \bar{Z}_{отсл\_П} \dfrac{Z_0 + j\bar{Z}_{отсл\_П} tg(q_{П} b_{П})}{\bar{Z}_{отсл\_П} + jZ_0 tg(q_{П} b_{П})}. \end{cases} \tag{8}$$

Таким образом, итоговое дисперсионное уравнение для ДП при отслоении его от подложки, на основе (1), может быть представлено в следующем виде:

$$\vec{Z}_{отсл\_П\_0} = 0 \qquad (9)$$

где $\vec{Z}_{отсл\_П\_0}$ – эквивалентное характеристическое сопротивление системы слоев РПП, приведенных на рисунке 1а и определяемое по рекуррентной формуле (8).

Таким образом, представлена обобщенная математическая модель, которая связывает величину отслоения ДП от подложки, его диэлектрическую проницаемость и толщину с коэффициентом нормального ослабления поля ПМЭМВ.

2. Компьютерное электродинамическое моделирование дефектоскопического контроля диэлектрического покрытия при отслоении его от металлической подложки

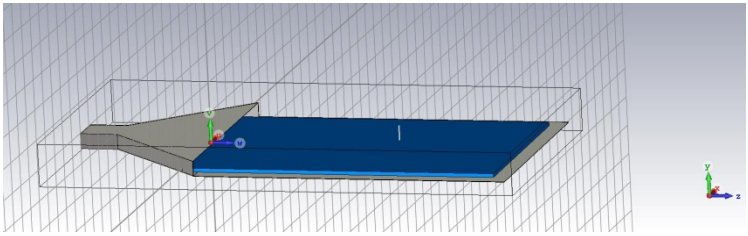
Достоверность и точность разработанной модели можно оценить, сравнивая результаты теоретических расчетов коэффициентов ослабления α поля ПМЭМВ в зависимости от величины отслоения покрытия d, с результатами, полученными с использованием стандартных систем электродинамического моделирования, таких как, например, CST Studio suit.

Электродинамическая модель для оценки коэффициента ослабления поля ПМЭМВ в зависимости от величины отслоения покрытия d в среде CST Studio suit состоит из двух основных элементов: антенны возбуждения ПМЭМВ и слоя ДП с электрофизическими параметрами ε, μ и b, расположенного на металлическом основании. При этом учитывалась конечная толщина стенок антенны и металлической подложки, что максимально приближает созданную модель к реальному виду. В качестве антенны возбуждения электромагнитного поля ПМЭМВ был выбран Н-секториальный рупор, установленный на металлическую подложку со слоем исследуемого покрытия. Параметры питающего волновода выбраны такие, чтобы в нем возбуждался основной тип волны H_{10}. Геометрия модели для оценки степени отслоения покрытия от металлической подложки в среде CST Studio suit приведена на рисунке 3.

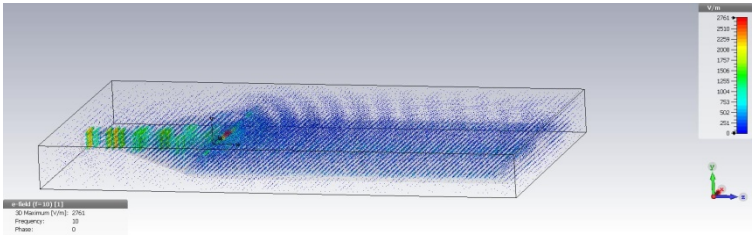
При расчете построенной 3D-модели использовался метод конечных разностей во временной области (FDTD), производящий решение системы уравнений Максвелла во временной области для каждой из элементаных прямоугольных ячеек сетки разбиения созданной модели. Для повышения точности расчетов использовался режим адаптивного уплотнения сетки.

Оценка напряженности поля ПМЭМВ проводилась в дальней зоне Н-секториального рупора по линии максимума диаграммы направленности. После завершения расчета для заданных значений

покрытия оценивалась общая трехмерная картина распределения поля ПМЭМВ и закон изменения напряженности поля в конкретной точке измерения. Точка измерения напряженности поля ПМЭМВ показана на рисунке 3 *а*. В качестве примера на рисунке 3 *б* показано трехмерное распределение поля ПМЭМВ при параметрах модели: $\varepsilon = 4$, $\mu = 1$, $b = 2$ мм и $f = 8$ ГГц.



а)



б)

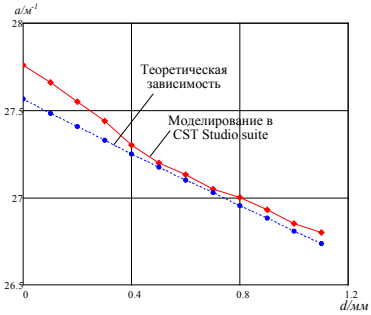
а) геометрическая модель для оценки степени отслоения покрытия от металлической подложки; б) распределение электрического поля ПМЭМВ

Рис. 3. Электродинамическая модель в среде CST Studio suit

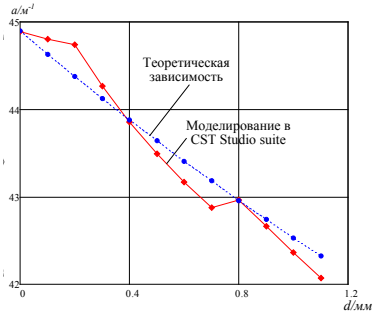
Моделирование проводилось при различных параметрах ДП ($\varepsilon = 2...11$, $\mu = 1...3$, $b = 1...4$ мм, $d = 0...1{,}5$ мм, $\lambda = 0{,}0375...0{,}075$ м).

На рисунках 4 *а–г,* в качестве примера, представлены результаты сравнения коэффициентов ослабления поля ПМЭМВ для покрытия с толщиной *b*=2 мм, с относительными диэлектрическми проницаемостями ε : 2, 4, 6, 8, возбуждаемой на частоте $f = 8$ ГГц, при различных значениях величины отслоения покрытия *d*.

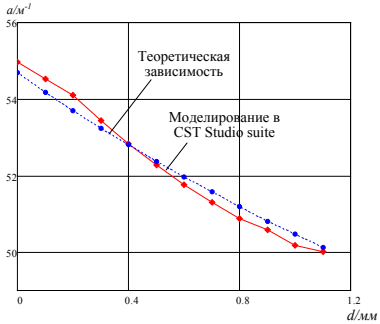
На каждом рисунке показана теоретическая кривая и полученная в результате моделирования в CST Studio suit.



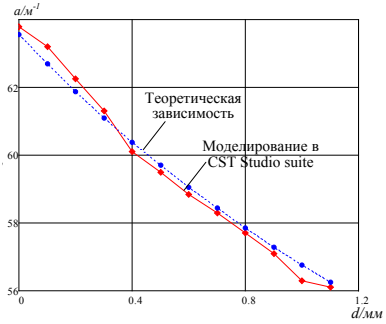
а) $\varepsilon = 2$, $\mu = 1$, $b = 2$ мм, $f = 8$ ГГц



б) $\varepsilon = 4$, $\mu = 1$, $b = 2$ мм, $f = 8$ ГГц



в) $\varepsilon = 6$, $\mu = 1$, $b = 2$ мм, $f = 8$ ГГц



г) $\varepsilon = 8$, $\mu = 1$, $b = 2$ мм, $f = 8$ ГГц

Рис. 4. Теоретические зависимости $\alpha_y = f(d)$ и полученные в ходе моделирования в CST Studio suit

Анализ полученных зависимостей показывает, что отличие коэффициентов ослабления α_y, полученных теоретически и с помощью программы CST Studio suit, не превышает 2%, что можно оценить как вполне хороший результат. Расхождения в расчетах вызваны несинфазностью фронта поля ПМЭМВ, возбуждаемой рупорной

антенной, имеющую конечные размеры и слабой согласованностью апертуры с окружающей средой.

Проведенный анализ подобных зависимостей для всех исследуемых диапазонов ε, μ, b показал хорошее совпадение теоретических результатов с результатами, полученными в среде электродинамического моделирования CST Studio suit.

Анализ данных, представленных на рисунке 4 показывает, что зависимость коэффициента ослабления от величины отслоения РПП от металлической подложки обладает высокой чувствительностью. Изменение коэффициента ослабления наблюдается даже в области отслоений d от 0 до 0,004 мм.

Заключение

Таким образом, предложенная электродинамическая модель может служить основой для разработки радиоволновых способов обнаружения и оценки дефектов ДП. Проведенные экспериментальные исследования на электродинамической модели показали принципиальную возможность надежного обнаружения и оценки дефектов типа «отслоение покрытия от подложки».

Список литературы

1. Лагарьков, А.Н., Фундаментальные и прикладные проблемы стелс-технологий / А.Н. Лагарьков, М.А. Погосян // Вестник Российской академии наук. – 2003. – Том. 73. – № 9. – С. 779–787.

2. Федюнин, П. А. Способы радиоволнового контроля параметров защитных покрытий авиационной техники / П.А. Федюнин, А.И. Казьмин. – М.: Физматлит, 2013. – 190 с.

3. Казьмин, А.И. Метод измерения электрофизических параметров многослойных диэлектрических покрытий в диапазоне СВЧ / А.И. Казьмин, П.А. Федюнин // Контроль. Диагностика. – 2018. – N 11. – С. 52–59.

4. Фелсен, Л. Излучение и рассеяние волн. Том 1 / Л. Фелсен, Н. Маркувиц / перевод с английского под ред. М. Л. Левина. – М.: Мир, 1978. – 547 с.

Компьютерная электродинамическая модель процесса измерения электрофизических параметров метаматериалов методом поверхностных электромагнитных волн

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru
Д.А. Рябов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Представлен новый способ измерения эффективных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей метаматериалов. Проведена проверка работоспособности способа путем измерения электрофизических параметров метаматериала из SRR-элементов, с использованием компьютерной электродинамической модели в системе CST Studio suite.*

Ключевые слова: *метаматериал, компьютерная электродинамическая модель, электрофизические параметры, измерение.*

Введение

Метаматериалы – это композитные материалы, обладающие уникальными электрофизическими, радиофизическими и оптическими свойствами, отсутствующими в природных материалах. Поскольку метаматериалы являются искусственными материалами и получаются за счет включения в диэлектрический материал (матрицу) искусственного материала (среды), то их электрофизические параметры описываются эффективной диэлектрической $\varepsilon_{эф}$ и магнитной $\mu_{эф}$ проницаемостями. Уникальные свойства метаматериалов обусловлены в частности тем, что, метаматериалы могут обладать одновременно отрицательными значениями эффективных диэлектрической $\varepsilon_{эф}$ и магнитной проницаемостей $\mu_{эф}$, вследствие чего возникают электромагнитные волны, у которых фазовая и групповая скорости имеют противоположные направления и в результате возникает отрицательное лучепреломление на границе двух сред (падающий и преломленный лучи лежат по одну и туже сторону нормали границы раздела сред) [1].

© Казьмин А.И., Федюнин П.А., Рябов Д.А., 2020

Метаматериалы нашли широкое применение при проектировании радиопоглощающих покрытий (РПП). При этом при приближении к металлической подложке эффективные параметры метаматериала начинают меняться, так как меняется расстояние между включением и его изображением за металлической поверхностью. Именно по этой причине хорошо развитый методический аппарат определения электрофизических параметров материалов с положительными значениями диэлектрической и магнитной проницаемостей оказывается непригодным для решения задач оценки параметров метаматериалов.

В [2] представлен радиоволновый метод контроля параметров диэлектрических покрытий, использующий явление «разлития» поверхностной медленной электромагнитной волны (ПМЭМВ) по плоскости и быстродействующего сканирования результатов взаимодействия поля со слоем покрытия в функциях комплекса электрофизических и геометрических параметров. Рассмотрим адаптацию метода для измерения эффективной диэлектрической $\varepsilon_{эф}$ и магнитной $\mu_{эф}$ проницаемостей метаматериалов.

1. Способ определения эффективных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей метаматериалов

Суть разработанного способа заключается в следующем.

1. В исследуемом метаматериале возбуждают электромагнитную волну с вертикальной поляризацией, падающей на пластинку исследуемого материала под углом к нормали, проведенной вдоль металлической подложки к границе раздела «исследуемый метаматериал-металлическая подложка», последовательно на частотах возрастающих от f_i до f_N с дискретным шагом по частоте Δf.

2. Измеряют коэффициент затухания $\alpha(f_i), \alpha(f_{i+1}) \ldots \alpha(f_N)$ каждой электромагнитной волны над поверхностью исследуемого материала по линии перпендикулярной к его поверхности по туже сторону нормали к границе раздела «исследуемый метаматериал-металлическая подложка», где находится и падающая электромагнитная волна.

3. Сравнивают коэффициенты затухания с нулевым значением. Если $\alpha(f_i) > 0$, то принимают решение о том, что пластинка на частоте f_i является метаматериалом.

4. Используя два значения коэффициентов затухания на двух рядом расположенных частотах $\alpha(f_i)$ и $\alpha(f_{i+1})$, на которых пластинка является метаматериалом, при условии, что $(f_{i+1} - f_i)/f_i << 1$,

определяют ее значения эффективных диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{эф}$ и магнитной проницаемости $\mu_{эф}$ решая систему из двух дисперсионных уравнений [3]

$$\begin{cases} q_i \, tan(q_i b) - \left|\varepsilon_{эф}\right| \alpha(f_i) = 0 \\ q_{i+1} \, tan(q_{i+1} b) - \left|\varepsilon_{эф}\right| \alpha(f_{i+1}) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где q_i – поперечное волновое число в слое метаматериала на частоте f_i, $q_i = \sqrt{\left(\frac{2\pi f_i}{c}\sqrt{\varepsilon_{эф}\mu_{эф}}\right)^2 - \left(\frac{2\pi f_i}{c}\right)^2 - \alpha^2(f_i)}$, q_{i+1} – поперечное волновое число в слое метаматериала на частоте f_{i+1}, $q_{i+1} = \sqrt{\left(\frac{2\pi f_{i+1}}{c}\sqrt{\varepsilon_{эф}\mu_{эф}}\right)^2 - \left(\frac{2\pi f_{i+1}}{c}\right)^2 - \alpha^2(f_{i+1})}$, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – величина скорости электромагнитных волн в вакууме; b – толщина метаматериала, $\varepsilon_{эф}$ – эффективная диэлектрическая проницаемость, $\mu_{эф}$ – эффективная магнитная проницаемость.

На рисунке 1 представлен один из возможных вариантов реализации предлагаемого способа определения эффективной диэлектрической $\varepsilon_{эф}$ и магнитной $\mu_{эф}$ проницаемостей метаматериалов где цифрами обозначено 1 – исследуемый материал, 2 – радиопоглощающее покрытие, 3 – металлическая поверхность, 4 – нормаль к границе раздела «металлическая поверхность–исследуемый материал», 5 – падающая электромагнитная волна с вертикальной поляризацией, 6 – преломленная электромагнитная волна, 7 – область над исследуемым материалом для измерения коэффициента затухания поверхностной волны, 8 – блок измерения коэффициентов затухания поля поверхностной электромагнитной волны, 9 – блок пороговой обработки и определения значений эффективных диэлектрической и магнитной проницаемостей метаматериала, 10 – приемная антенна, 11 – антенна возбуждения электромагнитной волны с вертикальной поляризацией, 12 – генератор СВЧ.

Перед началом проведения измерений в блок пороговой обработки и определения значений эффективных диэлектрической и магнитной

проницаемостей метаматериала 9 вводят толщину исследуемого материала b.

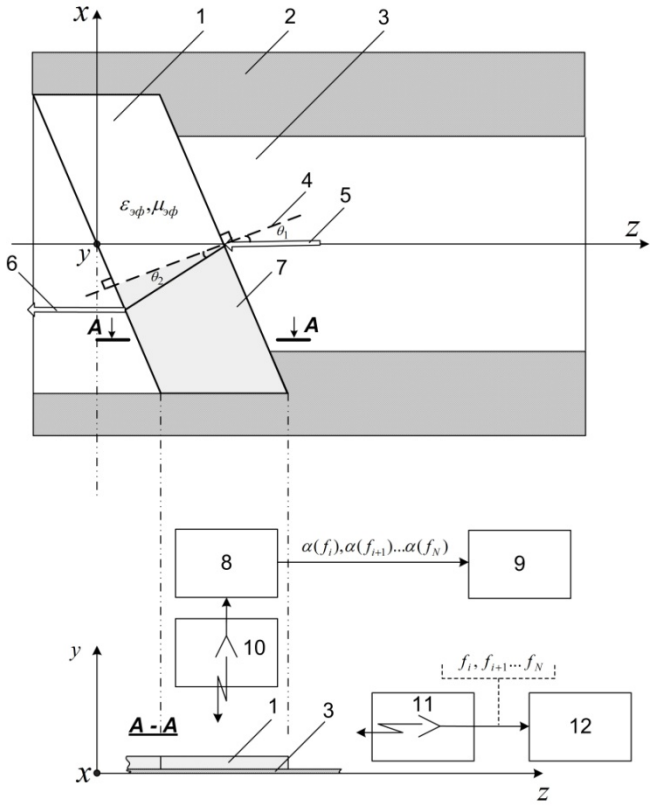


Рис. 1. Реализация способа определения эффективной диэлектрической и магнитной проницаемостей метаматериалов

С помощью генератора СВЧ 12 и антенны возбуждения электромагнитной волны с вертикальной поляризацией 11 вдоль металлической поверхности 3 возбуждают электромагнитную волну с вертикальной поляризацией, последовательно, на частотах возрастающих от f_i до f_N с дискретным шагом по частоте Δf. За счет того, что исследуемый материал изготовлен в виде параллелограмма [4,5], электромагнитная волна, дойдя до исследуемого материала падает

под углом θ_1 к нормали 4 границы раздела «металлическая подложка-исследуемый метаматериал».

С помощью приемной антенны 10 и блока измерения коэффициентов затухания 8 для каждой частоты производят измерение значений коэффициентов затухания $\alpha(f_i),\alpha(f_{i+1})...\alpha(f_N)$ в области 7 над исследуемым покрытием, т.е. со стороны нормали 4, где расположена и падающая электромагнитная волна с вертикальной поляризацией 5.

Измеренные коэффициенты затухания $\alpha(f_i),\alpha(f_{i+1})...\alpha(f_N)$ поступают в блок пороговой обработки и определения значений эффективных диэлектрической и магнитной проницаемостей метаматериала 9. В блоке 9 сравнивают коэффициенты затухания с нулевым значением и если $\alpha(f_i) > 0$, то принимают решение о том, что пластинка на частоте f_i является метаматериалом.

Используя два значения коэффициентов затухания на двух рядом расположенных частотах $\alpha(f_i)$ и $\alpha(f_{i+1})$, на которых пластинка является метаматериалом, при условии, что $(f_{i+1} - f_i)/f_i << 1$, определяют ее значения эффективных диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{эф}$ и магнитной проницаемости $\mu_{эф}$ решая систему из двух дисперсионных уравнений (1).

2. Компьютерное электродинамическое моделирование процесса измерения электрофизических параметров метаматериала

Для демонстрации возможностей метода, в качестве примера рассмотрим экспериментальные результаты измерения эффективных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей образца метаматериала. В качестве экспериментальных данных использовались коэффициенты ослабления поля ПМЭМВ, получаемые с помощью электродинамической модели распространения ПМЭМВ в метаматериале, реализованной в системе электродинамического моделирования CST Studio suit. Разработанная модель в данной системе электродинамического моделирования позволяет численными методами рассчитать электромагнитное поле ПМЭМВ в метаматериале и, соответственно, его коэффициенты ослабления $\alpha(f_i)$ [23].

В качестве тестового материала использовался метаматериал на основе SRR-элементов виде узких полосок металла и кольцевых щелевых резонаторов квадратного типа [4,5]. Геометрические параметры метаматериала были подобраны таким образом, что в области частот от 8,9 ГГц до 9,4 ГГц обеспечивались одновременно

отрицательные значения эффективных диэлектрической и магнитной проницаемостей.

Пластина исследуемого метаматериала состояла из 2400 SRR-элементов. Исследуемая пластина метаматериала показана на рисунке 2.

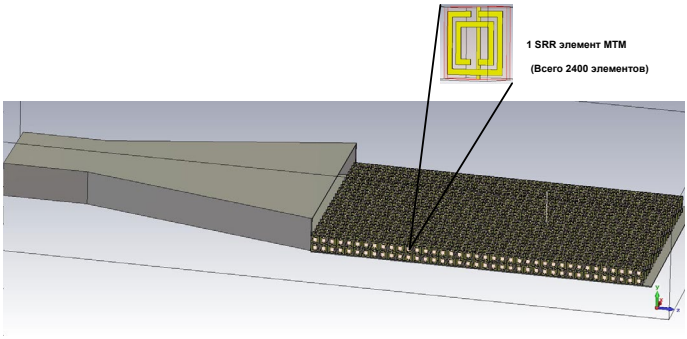


Рис. 2. Исследуемая пластина метаматериала

Проведенное моделирование в системе CST Studio suit показало, что в области частот, где эффективные диэлектрическая и магнитная проницаемости одновременно принимают отрицательные значения наблюдается возникновение поверхностной электромагнитной волны Е-типа.

Это следует из характерного поведения поля – поле экспоненциально затухает перпендикулярно поверхности. Характер поведения напряженности поля поверхностной волны Е-типа над метаматериалом показан на рисунке 3. Значение коэффициента затухания поля на частоте 9,01 ГГц составляет 201,7 м$^{-1}$.

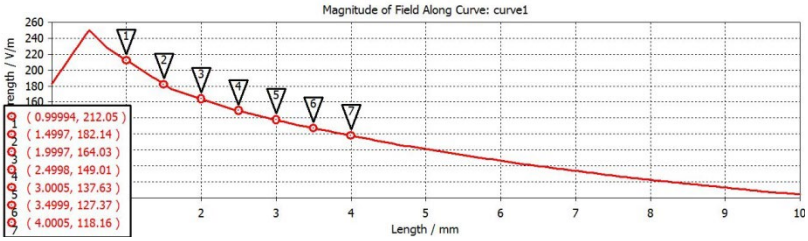


Рис. 3. Характер поведения напряженности поля поверхностной волны Е-типа над метаматериалом

Проведено определение эффективных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей по коэффициентам затухания на двух близко расположенных частотах $f_1 = 9{,}01$ ГГц и $f_2 = 9{,}01$ ГГц. Соответствующие им коэффициенты затухания равны: $\alpha(f_1) = 201{,}7$ м$^{-1}$ и $\alpha(f_2) = 194{,}92$ м$^{-1}$. Значения эффективных диэлектрической и магнитной проницаемостей полученные путем решения системы (1) имеют отрицательные значения $\varepsilon_{эф} = -0{,}9$ и $\mu_{эф} = -2{,}8$ соответственно

Заключение

Таким образом, представлен новый способ измерения электрофизических параметров метаматериалов. Проведенные экспериментальные исследования на электродинамической модели показали принципиальную возможность надежной идентификации того, что исследуемый материал, является метаматериалом, а также возможность одновременного измерения его эффективных диэлектрической и магнитной проницаемостей на основе разработанного способа с приемлемой для практических приложений точностью.

Список литературы

1. Гуляев, Ю.В. Метаматериалы: фундаментальные исследования и перспективы применения / Ю.В. Гуляев, А.Н. Лагарьков, С.А. Никитов // Вестник Российской академии наук. – 2008. – Том. 78. – № 5. – С. 438–457.

2. Федюнин, П. А. Способы радиоволнового контроля параметров защитных покрытий авиационной техники / П.А. Федюнин, А.И. Казьмин. – М.: Физматлит, 2013. – 190 с.

3. Fundamental modal properties of surface waves on metamaterial grounded slabs / P. Baccarelli [and etc] // IEEE Transactions on microwave theory and techniques. – 2005. – vol. 53. – N 4. – pp. 1431–1442.

4. Experimental Study on Several Left-Handed Matamaterials / L. Ran [and etc] // Progress In Electromagnetics Research. – 2005. – Vol. 51. – pp. 249–279.

5. A study of using metamaterials as antenna substrate to enhance gain / B.-I. Wu [and etc] // Progress In Electromagnetics Research. – 2005. – vol. 51. – pp. 295–328.

Моделирование процесса боевых действий с помощью дискретных цепей Маркова

О. И. Канищева, e-mail: oleka_olesya@mail.ru
К. Ю. Калинкин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются однородные Марковские цепи с дискретным временем и их применение к моделированию боевых действий.*

Ключевые слова: *случайные процессы, цепи Маркова, оптимизационная задача, стохастические матрицы, уравнение Колмогорова-Чепмена.*

Введение

Марковские цепи являются частным видом случайных процессов с дискретным множеством состояний. Для цепей Маркова хорошо разработан математический аппарат, позволяющий решать многие содержательные задачи, связанные с исследованием реальных (в том числе и боевых) процессов, формализуемых в виде таких цепей. Очень многие реальные процессы могут быть аппроксимированы Марковскими цепями.

1. Постановка и анализ задачи

При применении теории Марковских цепей для моделирования процесса боевых действий моделируемый процесс, как правило, рассматривается как некоторая физическая система, которая в каждый момент времени $t \in [0,1]$ может находиться только в одном из n возможных состояний $S = \{s_1, s_2, ..., s_n\}$. В фиксированные моменты времени $t_1, t_2, t_3, \ldots$ эта система под воздействием случайных факторов может переходить из одного состояния в другое или оставаться в прежнем состоянии.[1]

Вероятность того, что система в момент времени t_k, окажется в состоянии s_i, $i = \overline{1,n}$, полностью определяется состоянием, в котором система находилась в момент времени t_{k-1}.

© Канищева О. И., Калинкин К. Ю., 2020

Вероятностное описание поведения этой системы определяется заданием вектор-строки вероятностей начального состояния

$$P(0) = (p_1(t_0), p_2(t_0), ..., p_n(t_0)) \quad (1)$$

и последовательности матриц вероятностей одношаговых переходов из состояний s_i, $i = \overline{1,n}$ в состояния s_j, $j = \overline{1,n}$:

$$\mathrm{W}(k) = \begin{pmatrix} w_{11}(t_k) & ... & w_{1n}(t_k) \\ .... & .... & .... \\ w_{n1}(t_k) & ... & w_{nn}(t_k) \end{pmatrix}, \; i, j = \overline{1,n}, \; k = 1,2,3... . \quad (2)$$

Каждая из матриц $\mathrm{W}(k)$, $k = 1,2,3...$ представляет собой квадратную матрицу конечного (если множество S конечно) или бесконечного (если $S-$ счетное множество) порядка. Так как все элементы матриц (2) являются вероятностями, то они – неотрицательные числа, не превосходящие единицу. Элементы i-той, $i = \overline{1,n}$ строки матриц (2) являются вероятностями переходов при k-том, $k = 1,2,3...$ шаге процесса из состояния s_i соответственно в состояния $s_1, s_2, ..., s_n$. Так как на каждом шаге обязательно происходит один из этих, то справедливо равенство (3):

$$\sum_{j=1}^{n} w_{ij}(t_k) = 1, \; i = \overline{1,n}, \; k = 1,2,3... . \quad (3)$$

Свойство (3) используется для проверки правильности определения элементов матриц (2).

В каждом столбце матриц (2) всегда имеется хотя бы один отличный от нуля элемент, так как в противном случае из условия $w_{ij}(t_k) = 0$, $i = \overline{1,n}$ следовало бы, что на k-том шаге процесса невозможен переход в состояние s_j из любого s_i, $i = \overline{1,n}$, а это противоречит условию неизменности пространства состояний системы от испытания к испытанию. Матрицы (2), удовлетворяющие этим условиям, называются стохастическими. Зная стохастические матрицы (2) цепи и вектор-строку вероятностей начального состояния (1), можно вычислить вероятности состояния цепи после m шагов по формуле (4):

$$P(m) = P(0)\prod_{k=1}^{m} \mathrm{W}(k) . \quad (4)$$

Дискретные цепи Маркова подразделяются на однородные и неоднородные. У однородных цепей вероятности перехода $w_{ij}(t_k)$, $i, j = \overline{1,n}$ не зависят от t_k, т.е. справедливо равенство

$$w_{ij}(t_k) = w_{ij},\ i, j = \overline{1,n},\ k = 1,2,3\ldots .$$

Для однородных Марковских цепей соотношение (4) примет вид (5)

$$P(m) = P(0) \cdot W^m . \qquad (5)$$

Для матрицы переходов цепи за $(m+k)$ шагов имеет место равенство (6)

$$W^{(m+k)} = W^m \cdot W^k , \qquad (6)$$

где W^m, W^k – матрицы вероятностей переходов за m и k шагов. Уравнение (6) представляет собой функциональное уравнение Колмогорова-Чепмена в матричной форме.[2] Марков А.А. получил частный случай этого уравнения для конечных цепей.

Функциональное уравнение (6) имеет фундаментальное значение в теории Марковских цепей и их приложениях. Использование соотношения (6) позволяет сократить объем вычислений при определении матрицы вероятностей переходов однородной цепи за n шагов.

Для иллюстрации применения Марковских цепей рассмотрим следующую задачу.

2. Практическая реализация

Задача. По объекту противника, содержащему две цели, наносится два независимых удара. При k-том ударе, $k = 1,2$ вероятность поражения только первой цели равна $w_1(k)$, только второй – $w_2(k)$, первой и второй цели – $w_3(k)$. Требуется определить вероятность поражения целей после двух ударов.

Решение. Пусть состояние s_1 – непоражение обеих целей, состояние s_2 – поражение только первой цели, состояние s_3 – поражение только второй цели, s_4 – поражение первой и второй целей. До нанесения ударов вероятности этих состояний равны

$$P = (p_1 \quad p_2 \quad p_3 \quad p_4) = (1 \quad 0 \quad 0 \quad 0) .$$

Чтобы найти вероятности поражения целей после нанесения ударов, необходимо сначала составить стохастические матрицы

$$\mathrm{W}(k)=\begin{pmatrix} w_{11}(k) & w_{12}(k) & w_{13}(k) & w_{14}(k) \\ w_{21}(k) & w_{22}(k) & w_{23}(k) & w_{24}(k) \\ w_{31}(k) & w_{32}(k) & w_{33}(k) & w_{34}(k) \\ w_{41}(k) & w_{42}(k) & w_{43}(k) & w_{44}(k) \end{pmatrix},\ k=1,2\,.$$

Если начальным состоянием является s_1, то вероятность перехода в состояние s_2 при k-том ударе равна $w_{12}(k)=r_1(k)$, вероятность перехода в состояние s_3 равна $w_{13}(k)=r_2(k)$, вероятность перехода в состояние s_4 равна $w_{14}(k)=r_3(k)$. Вероятность остаться в состоянии s_1 согласно (3) равна

$$1-w_{12}(k)-w_{13}(k)-w_{14}(k)=1-r_1(k)-r_2(k)-r_3(k)=r_0(k)\,.$$

Если исходным состоянием является s_2, то вероятность перехода в s_1 равна нулю (так как не может быт непораженных целей) и вероятность перехода в состояние s_3 также равна нулю (так как не может быть поражена только вторая цель). Вероятность перехода в состояние s_4 равна $w_{24}(k)=r_2(k)+r_3(k)$, вероятность остаться в состоянии s_2 равна $1-r_2(k)-r_3(k)=r_0(k)+r_1(k)$. Если исходным состоянием является s_3, то

$$w_{31}=0\,,\ w_{32}=0\,,\ w_{33}=1-r_1(k)-r_3(k)=r_0(k)+r_2(k)\,,$$
$$w_{34}=r_1(k)+r_2(k)\,.$$

Если исходным состоянием является s_4, то $w_{41}=w_{42}=w_{43}=0$, $w_{44}=1$. Тогда, матрица перехода для k-того удара равна

$$\mathrm{W}(k)=\begin{pmatrix} r_0(k) & r_1(k) & r_2(k) & r_3(k) \\ 0 & r_0(k)+r_1(k) & 0 & r_2(k)+r_3(k) \\ 0 & 0 & r_0(k)+r_2(k) & r_1(k)+r_3(k) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Для определения вероятностей поражения цели после двух ударов можно воспользоваться формулой (4). Получим:

1) вероятности состояний после первого удара равны

$$P(1)=(r_0(1)\quad r_1(1)\quad r_2(1)\quad r_3(1))\,;$$

2) вероятности состояний после второго удара равны

$$P(2) = (r_0(1)\cdot r_0(2);\quad r_0(1)\cdot r_0(2)+[r_0(2)+r_1(2)]\cdot r_1(1);$$
$$r_2(2)\cdot r_0(1)+[r_0(2)+r_2(2)]\cdot r_2(1)\cdot r_3(2)\cdot r_0(1)+ \qquad (7)$$
$$+[r_2(2)+r_3(2)]\cdot r_1(1)+[r_1(2)+r_3(2)]\cdot r_2(1)+r_3(1)).$$

Анализ вероятностей состояний системы после двух последовательных ударов показывает, что вероятность непоражения ни одной цели (вероятность состояния s_1) не зависит от последовательности ударов. Вероятности же остальных состояний зависят от последовательности ударов. Поэтому при различной важности целей для этой цепи может быть сформулирована оптимизационная задача, например следующего вида: в условиях сформулированной выше задачи определить последовательность ударов, максимизирующую математическое ожидание ущерба противнику, если важность первой цели равна V_1, а второй V_2.

Математическое ожидание ущерба определяется формулой (8)

$$M_{ущ.} = V_1 \cdot p_2 + V_2 \cdot p_3 + (V_1 + V_2)\cdot p_4\,, \qquad (8)$$

где p_i ($i = \overline{2,4}$) – вероятности состояний s_i после двух ударов.

Рассматриваемая задача решается путем перебора. На первом шаге из (7) определяются вероятности $p_i^{(1)}$, $i = \overline{2,4}$ при первом варианте организации последовательности ударов и по формуле (8) определяется ущерб $M_{ущ.}^{(1)}$. На втором шаге из (7) определяются вероятности $p_i^{(2)}$ при втором варианте организации последовательности ударов и по формуле (8) определяется ущерб. Оптимальным является вариант организации последовательности ударов, доставляющий большее значение ущерба. Если количество вариантов достаточно большое, то для решения оптимизационных задач на цепях применяются методы целочисленного программирования.

Заключение

В данной работе рассмотрено применение однородных Марковских цепей с дискретным временем для моделирования боевых действий, приведена практическая реализация процесса моделирования.

Список литературы

1. Алексеев О. Г., Марковские модели боя: учебное пособие / О.Г. Алексеев, В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов. – М.: МОСССР, 1985. – 85 с.

2. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: Учебное пособие / Вентцель Е.С. – 5-е изд.,стер. – М.: КноРус, 2010. – 192 с.

Имитационное моделирование системы массового обслуживания

О. И. Канищева, e-mail: oleka_olesya@mail.ru
В. С. Картушин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе разрабатывается имитационная модель системы массового обслуживания, рассчитываются показатели ее эффективности. Приводится сравнение найденных значений показателей с результатами, полученными путем численного решения.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, компьютерное моделирование, системы массового обслуживания, доверительный интервал, показатели эффективности системы.*

Введение

Одним из методов расчета показателей эффективности системы массового обслуживания (СМО) является метод имитационного моделирования. Практическое использование компьютерного имитационного моделирования предполагает построение соответствующей математической модели, учитывающей факторы неопределенности, динамические характеристики и весь комплекс взаимосвязей между элементами изучаемой системы. Имитационное моделирование работы системы начинается с некоторого конкретного начального состояния. Вследствие реализации различных событий случайного характера, модель системы переходит в последующие моменты времени в другие свои возможные состояния. Этот эволюционный процесс продолжается до конечного момента планового периода, т.е. до конечного момента моделирования.

1. Постановка задачи

Основная цель имитационного моделирования заключается в воспроизведении поведения изучаемой системы на основе анализа наиболее существенных взаимосвязей ее элементов. Компьютерное имитационное моделирование следует рассматривать как некоторый статический эксперимент.

© Канищева О. И., Картушин В. С., 2020

Необходимо составить имитационную модель и рассчитать показатели эффективности СМО со следующими характеристиками:

- число каналов обслуживания n;
- максимальная длина очереди m;
- поток поступающих в систему заявок простейший со средней интенсивностью λ и показательным законом распределения времени между поступлением заявок;
- поток обслуживаемых в системе заявок простейший со средней интенсивностью μ и показательным законом распределения времени обслуживания.

Сравнить найденные значения показателей с результатами численного решения уравнений Колмогорова для вероятностей состояний системы.

2. Решение задачи методом имитационного моделирования

Из теории функций случайных величин известно, что для моделирования случайной величины $\xi(\omega)$ с любой непрерывной и монотонно возрастающей функцией распределения $F_\xi(x)$ достаточно уметь моделировать случайную величину $\eta(\omega)$, равномерно распределенную на отрезке $[0;1]$ [1]. Получив реализацию y_k случайной величины $\eta(\omega)$, можно найти соответствующую ей реализацию x_k случайной величины $\xi(\omega)$, так как они связаны равенством (1):

$$x_k = F_\xi^{-1}(y_k). \tag{1}$$

Предположим, что в некоторой системе массового обслуживания время обслуживания одной заявки распределено по экспоненциальному закону с параметром μ, где μ – интенсивность потока обслуживания. Тогда функция распределения $G(t)$ времени обслуживания имеет вид (2):

$$G(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\mu t}, & t > 0; \\ 0, & t \le 0. \end{cases} \tag{2}$$

Пусть $y_k \in [0;1]$ – реализация случайной величины $\eta(\omega)$, равномерно распределенной на отрезке $[0;1]$, а t_k – соответствующая ей реализация случайного времени обслуживания одной заявки. Тогда, согласно (1),

$$t_k = G^{-1}(y_k) = -\frac{1}{\mu}\ln(1 - y_k).$$

Первый этап создания любой имитационной модели – этап описания реально существующей системы в терминах характеристик основных событий. Эти события, как правило, связаны с переходами изучаемой системы из одного возможного состояния в другое и обозначаются как точки на временной оси. Для достижения основной цели моделирования достаточно наблюдать систему в моменты реализации основных событий.

Рассмотрим пример одноканальной системы массового обслуживания. Целью имитационного моделирования подобной системы является определение оценок ее основных характеристик, таких, как среднее время пребывания заявки в очереди, средняя длина очереди и доля времени простоя системы.

Характеристики самого процесса массового обслуживания могут изменять свои значения либо в момент поступления новой заявки на обслуживание, либо при завершении обслуживания очередной заявки. К обслуживанию очередной заявки СМО может приступить немедленно (канал обслуживания свободен), но не исключена необходимость ожидания, когда заявке придется занять место в очереди (СМО с очередью, канал обслуживания занят). После завершения обслуживания очередной заявки СМО может сразу приступить к обслуживанию следующей заявки, если она есть, но может и простаивать, если таковая отсутствует [2,3]. Необходимую информацию можно получить, наблюдая различные ситуации, возникающие при реализациях основных событий. Так, при поступлении заявки в СМО с очередью при занятом канале обслуживания длина очереди увеличивается на 1. Аналогично длина очереди уменьшается на 1, если завершено обслуживание очередной заявки и множество заявок в очереди не пусто.

Для эксплуатации любой имитационной модели необходимо выбрать единицу времени. В зависимости от природы моделируемой системы такой единицей может быть микросекунда, час, год и т.д.

Так как по своей сути компьютерное имитационное моделирование представляет собой вычислительный эксперимент, то его наблюдаемые результаты в совокупности должны обладать свойствами реализации случайной выборки. Лишь в этом случае будет обеспечена корректная статистическая интерпретация моделируемой системы [4].

При компьютерном имитационном моделировании основной интерес представляют наблюдения, полученные после достижения изучаемой системой стационарного режима функционирования, так как в этом случае резко уменьшается выборочная дисперсия.

Время, необходимое для достижения системой стационарного режима функционирования, определяется значениями ее параметров и начальным состоянием.

Поскольку основной целью является получение данных наблюдений с возможно меньшей ошибкой, то для достижения этой цели необходимо:

1) Увеличить длительность времени имитационного моделирования процесса функционирования изучаемой системы. В этом случае не только увеличивается вероятность достижения системой стационарного режима функционирования, но и возрастает число n используемых псевдослучайных чисел, что также положительно влияет на качество получаемых результатов.

2) При фиксированной длительности времени T имитационного моделирования провести N вычислительных экспериментов, называемых еще прогонами модели, с различными наборами псевдослучайных чисел, каждый из которых дает одно наблюдение. Все прогоны начинаются при одном и том же начальном состоянии моделируемой системы, но с использованием различных наборов псевдослучайных чисел.

Преимуществом этого метода является независимость получаемых наблюдений $x_k = \overline{1, N}$, показателей эффективности системы. Если число N модели достаточно велико, то границы симметричного доверительного интервала для параметра x определяются системой неравенств (3):

$$\overline{x} - t_\gamma \frac{S}{\sqrt{N}} < x < \overline{x} + t_\gamma \frac{S}{\sqrt{N}}, \qquad (3)$$

где $\overline{x}$ – математическое ожидание, S – исправленная дисперсия, N – число прогонов программы, γ – надежность, $t_\gamma = t(\gamma, N)$.

Рассмотрим четырехканальную систему массового обслуживания с максимальной длиной очереди равной четырем. В СМО поступает простейший поток заявок со средней интенсивностью λ и показательным законом распределения времени между поступлением заявок. Поток обслуживаемых в системе заявок является простейшим со средней интенсивностью μ и показательным законом распределения временем обслуживания.

Для имитации СМО воспользуемся одним из методов статистического моделирования – имитационным моделированием. Будем использовать пошаговый подход. Суть этого подхода в том, что состояния системы рассматриваются в последующие моменты времени,

шаг между которыми является достаточно малым, чтобы за его время произошло не более одного события.

Выберем шаг по времени t_h. Он должен быть много меньше среднего времени поступления заявки T_1 и среднего времени ее обслуживания T_2, т.е.

$$t_\gamma \ll T_1, T_2,\ T_1 = \frac{1}{\lambda},\ T_2 = \frac{1}{\mu}.$$

Время поступления заявки в СМО и время ее обслуживания являются случайными величинами. Поэтому, при имитационном моделировании СМО их вычисление производится с помощью случайных чисел.

Рассмотрим поступление заявки в СМО. Вероятность того, что на интервале t_h в СМО поступит заявка, равна:

$$P_{пост.заявки} = \frac{t_h}{T_1} = t_h \cdot \lambda .$$

Сгенерируем случайное число r, и, если $r \le P_{пост.заявки}$, то будем считать, что заявка на данном шаге в систему поступила, если $r > P_{пост.заявки}$, то не поступила.

Время обслуживания заявки в системе определяется выражением

$$t_{об.} = -\frac{1}{\mu}\ln(1-r),$$

где r – случайное число.

Алгоритм метода имитационного моделирования можно сформулировать следующим образом. Время работы СМО T разбивается на шаги по времени t_h, на каждом из них выполняется ряд действий. Вначале определяются состояния системы (занятость каналов, длина очереди), затем определяется, поступила ли на данном шаге заявка или нет. Если поступила, и, при этом имеются свободные каналы, то генерируем время обработки заявки и ставим ее на обслуживание. Если все каналы заняты и длина очереди меньше определенного значения, то помещаем заявку в очередь, если же длина очереди равна этому значению, то заявке будет отказано в обслуживании.

В случае, когда на данном шаге заявка не поступала, а канал обслуживания освободился, проверяем, есть ли очередь. Если есть, то из очереди заявку ставим на обслуживание в свободный канал. После проделанных операций время обслуживания для занятых каналов

уменьшаем на величину шага t_h. По истечении времени T, т.е., после моделирования работы СМО, вычисляются показатели эффективности работы системы. Так как показатели эффективности получаются в результате моделирования СМО в течение конечного времени, они содержат случайную компоненту. Поэтому, для получения более надежных результатов нужно провести их статистическую обработку. С этой целью оценим для них доверительный интервал.

Величина x попадает в доверительный интервал, если выполняется система неравенств (3). При $\gamma = 0,95$ и $N = 20$ $t_\gamma = t(\gamma, N) = t(0,95;20) = 2,093$.

Для удобства сравнения результатов, полученных различными методами моделирования, представим их в виде таблицы 1.

Таблица 1

Результаты решения задачи

Показатели эффективности СМО	**Результаты аналитического моделирования**	**Результаты имитационного моделирования**	
		Нижняя граница доверит. интервала	**Верхняя граница доверит. интервала**
Вероятность отказа	0,33355	0,238	0,35979
Относительная пропускная способность	0,66645	0,64	0,761
Абсолютная пропускная способность	2,66579	2,56	3,048
Средняя длина очереди	0,917264	0,696	0,9566
Среднее время пребывания заявки в очереди	0,229316	0,1739	0,2394
Среднее число занятых каналов	2,665798	2,561	3,048

Из таблицы 1 видно, что результаты, полученные при аналитическом моделировании СМО, попадают в доверительный

интервал, полученный по результатам имитационного моделирования, т.е., результаты, полученные разными методами, согласуются.

Заключение

В данной работе рассмотрен метод имитационного моделирования СМО. Проведена серия расчетов, по результатам которых найдены значения показателей эффективности системы и выполнена их статистическая обработка. Полученные при имитационном моделировании результаты согласуются с результатами аналитического моделирования.

Список литературы

1. Ивницкий В.Л. Теория сетей массового обслуживания : монография / В. А. Ивницкий. – Москва : Физматлит, 2004. – 772 с.
2. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: Учеб. пособие для студентов вузов / Е.С. Вентцель. – 3. изд., стер. – М.: Дрофа, 2004. – 208 с.
3. Волков, И. К. Исследование операций : учебник для втузов / Волков И. К., Загоруйко Е. А. ; ред. Зарубин В. С., Крищенко А. П. – 3-е изд., стер. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 435 с.
4. Основы имитационного и статистического моделирования : учебное пособие / Ю.С. Харин [и др.] ; – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 288 с.

Определение направления на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника с использованием корреляционной обработки изображений

В.В. Капитанов, email: kvv256@rambler.ru
А.А. Козирацкий, В.В. Помазков

ВУНЦ ВВС РФ "Военно-воздушная академия им. Профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)"

Аннотация. *Проведены исследования определения угла азимута на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости наблюдения с использованием корреляционной обработки изображений.*

Ключевые слова: *источник лазерного излучения, корреляционная функция, фотоприемник*

Введение

В работе [1] предложен новый способ определения угловых координат источника лазерного излучения (ИЛИ), основанный на выводе матричного фотоприемника за пределы плоскости фокусировки, приводящий к распределению падающего излучения по чувствительной поверхности приемника. Вычисление угловых координат ИЛИ осуществлялось по анализу распределения интенсивности излучения на фоточувствительной поверхности фотоприемника. В работах [2,3,4] с использованием методов имитационного моделирования проводилась оценка точности определения угловых координат в зависимости от размеров элементов матричного фотоприемника, параметров оптической фокусирующей системы и выбора элементов матричного фотоприемника. Исследования выявили существенный недостаток предложенного алгоритма вычисления угловых координат, связанный с ограничением на линейные размеры элементов фотоприемника. Для устранения этого недостатка предлагается использовать методы корреляционной обработки изображений.

Целью настоящей статьи является определение угла азимута на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости наблюдения с использованием корреляционной обработки изображений.

© Капитанов В.В., Козирацкий А.А., Помазков В.В., 2020

1. Определение угла азимута на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости наблюдения с использованием корреляционной обработки изображений

В работе [1] для однопозиционного определения угловых координат на источник лазерного излучения предложено использовать схему прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему, представленную на рисунке 1.

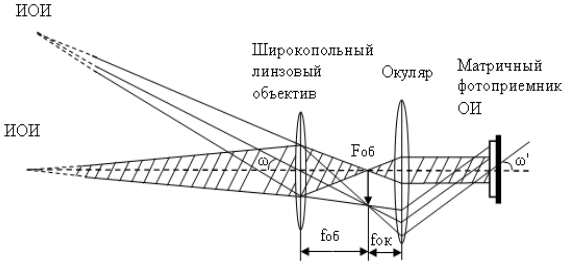


Рис. 1. Схема прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему

При проведении экспериментальных исследований получено изображение распределения интенсивности в плоскости наблюдения матричного фотоприемника, показанное на рисунке 2. Анализ распределения позволяет существенно упростить дальнейшие вычисления и ограничиться случаем регистрирования оптического излучения одномодового источника лазерного излучения, которое в плоскости приема имеет гауссовское распределение интенсивности с максимальной интенсивностью в центре измерительной миры.

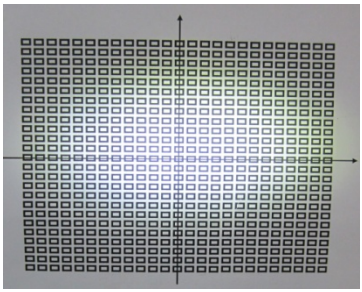


Рис. 2. Распределение интенсивности оптического излучения в плоскости матричного фотоприемника

Данное распределение можно представить в виде набора линий (участков) равных интенсивностей в виде эллипса, изображенных на рисунке 3.

Рис. 3. Эталонное изображение распределения интенсивности оптического излучения в плоскости сечения матричного фотоприемника

Воспользуемся корреляционным методом сравнения изображений [5]. Для этого сформируем различные варианты изображений распределения интенсивности в плоскости наблюдения размером 128x128 пикселей относительно эталонного изображения, путем поворота его против часовой стрелки на 5^0 (вариант 1), 15^0 (вариант 2), 40^0 (вариант 3) относительно оси абсцисс (главной оптической оси), как показано на рисунке 4.

а б в

а –угол поворота 5^0, *б – угол поворота* 15^0, *в – угол поворота* 40^0

Рис. 4. Варианты распределения интенсивности лазерного излучения в плоскости поверхности матричного фотоприемника

Направление вытянутости линий равных интенсивностей зависит от угла азимута на источник лазерного излучения относительно главной оптической оси фокусирующей системы и соответствует вариантам поворота на 5^0, 15^0 и 40^0.

Для проведения корреляционного сравнения эталонного и регистрируемого изображений (вариантов) воспользуемся теоретическими положениями, предложенными в [6].

Интегрирование по бесконечным пределам заменяется суммированием по строкам и столбцам оцифрованного изображения. Поместим начало координат в центр элемента изображения с индексами (i_0, j_0). Оси координат пройдут по элементам строки с номером i_0 и элементом столбца j_0. Для того чтобы пределы суммирования были наибольшими, возьмем $i_0 = \frac{N}{2}$ и $j_0 = \frac{M}{2}$. При этом пределы суммирования нужно выбрать так, чтобы нумерация элементов массива значений корреляционной функции не выходила за его границы. Поэтому суммируем по строкам от $i_0 - I$ до $i_0 + I$ и по столбцам от $j_0 - J$ до $j_0 + J$, где $I \le \frac{N}{4}$, $J \le \frac{N}{4}$. Таким образом, суммирование производится в области $G = (2I+1)(2J+1)$ элементами с центром (i_0, j_0). Тогда двумерная корреляционная функция изображения будет вычисляться по следующим выражениям

$$m_{GB} = \frac{1}{G} \sum_{i=-I}^{I} \sum_{j=-J}^{J} B_{i_0+i, j_0+j} \tag{1}$$

$$m_{GU} = \frac{1}{G} \sum_{i=-I}^{I} \sum_{j=-J}^{J} U_{i_0+i, j_0+j} \tag{2}$$

$$\sigma_B = \frac{1}{G} \sum_{i=-I}^{I} \sum_{j=-J}^{J} (B_{i_0+i, j_0+j} - m_{GB}) \tag{3}$$

$$\sigma_U = \frac{1}{G} \sum_{i=-I}^{I} \sum_{j=-J}^{J} (U_{i_0+i, j_0+j} - m_{GU}) \tag{4}$$

$$R_{k,m} = \frac{1}{G\sigma_B\sigma_U} \sum_{i=-I}^{I} \sum_{j=-J}^{J} (B_{i_0+i, j_0+j} - m_{GB})(U_{i_0+i+k, j_0+j+m} - m_{GU}) \tag{5}$$

где m_{GB}, m_{GU} - среднее значение интенсивности для изображений B и U; σ_B, σ_U - среднеквадратическое отклонение интенсивности

для изображений B и U, $R_{k,m}$ - коэффициент взаимной корреляции двух изображений B и U; k и m - индексы, отвечающие за сдвиг аргументов по осям системы координат.

Листинг программы, реализующий разработанный алгоритм корреляционного сравнения эталонного изображения с различными вариантами реализован в программе Mathcad, и представлен на рисунке 5.

$B := READBMP("C:\Эталон.bmp")$ "Считывание матриц изображений

$U := READBMP("C:\Вариант 1.bmp")$

$Bnc := cols(B)$ $Bnr := rows(B)$ "Число элементов изображения по строкам и столбцам

$Bn := Bnr \cdot Bnc$ "Всего элементов

$i0 := floor\left(\frac{nr}{2}\right)$ $j0 := floor\left(\frac{nc}{2}\right)$ "Индексы центральной точки

$T := 64$ $i := i0 - T .. i0 + T$ $j := i0 - T .. i0 + T$ "Сдвиг в пикселях

$$S := (2 \cdot T + 1)^2 \quad msB := \frac{1}{S} \cdot \left[\sum_i \left(\sum_j B_{i,j}\right)\right] \quad msU := \frac{1}{S} \cdot \left[\sum_i \left(\sum_j U_{i,j}\right)\right]$$ "Среднее на площади S

$$dsB := \frac{1}{S} \cdot \left[\sum_i \left[\sum_j \left(B_{i,j} - msB\right)^2\right]\right] \quad dsU := \frac{1}{S} \cdot \left[\sum_i \left[\sum_j \left(U_{i,j} - msU\right)^2\right]\right]$$

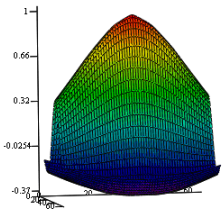
$\sigma B := \sqrt{dsB}$ $\sigma U := \sqrt{dsU}$ "СКО на площади S

$k := -T .. T - 1$ $m := -T .. T - 1$

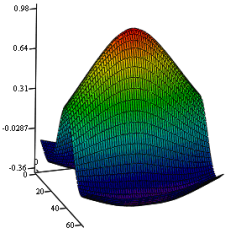
$$R_{k+T,m+T} := \left(\frac{1}{S \cdot \sqrt{dsB \cdot dsU}}\right) \cdot \left[\sum_i \left[\sum_j \left[\left(B_{i,j} - msB\right) \cdot \left(U_{i+k,j+m} - msU\right)\right]\right]\right]$$

Рис. 5. Листинг программы реализации двумерной корреляционной функции

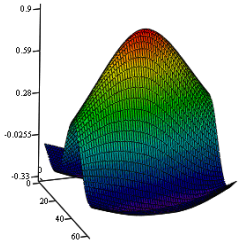
Взаимная автокорреляционная функция в виде поверхности вращения эталонного и регистрируемого изображений распределения интенсивности лазерного излучения в плоскости поверхности матричного фотоприемника с различными вариантами, представлена на рисунке 6.



а) Вариант 1
$R = 0,975$



б) Вариант 2
$R = 0,912$



в) Вариант 3
$R = 0,634$

Рис. 6. Взаимная автокорреляционная функция в виде поверхности вращения

Анализ результатов моделирования показывает, что значение коэффициента корреляции значительно уменьшается с увеличением поворота регистрируемого изображения относительно эталонного изображения, рассматриваемый вариант 3, и стремится к 1 при незначительных отклонениях. Это доказывает, что применение корреляционной обработки позволяет путем подбора и сравнения эталонного и регистрируемого изображений определить угол азимута на источник лазерного излучения.

Заключение

Таким образом, с использованием разработанного алгоритма корреляционного сравнения эталонного и регистрируемого изображений реализованного в программе Mathcad, проведено исследование возможности определения угла азимута на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника. Сравнение результатов моделирования полученных взаимно автокорреляционных функций в виде поверхности вращения и коэффициента корреляции позволяет определить угол азимута на источник лазерного излучения.

Список литературы

1. Капитанов, В.В. Способ определения угловых координат источника оптического излучения, основанный на анализе распределения интенсивности в плоскости наблюдения / В.В. Капитанов, А.Ю. Козирацкий, М.М. Фролов, С.В. Радько // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов

XVI международной научно-методической конференции – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2016. – Т. III. – С. 147 – 152.

2. Капитанов, В.В. Оценка точности определения угловых координат источника лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника / В.В. Капитанов, К.С. Сафонов // XVII Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», 9–10 февр. 2017 г., под ред. Тюкачева Н.А. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации (ООО «Вэлборн»), 2017. – Т. 2. – С. 194 –199.

3. Капитанов, В.В. Оценка параметров оптической системы на точность определения угловых координат источника лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника / В.В. Капитанов, А.А. Козирацкий, К.С. Сафонов // XVIII Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», 9–10 февраля 2018 г., под ред. Тюкачева Н.А. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации ООО («Вэлборн»), 2018. – Т. 2. – С. 124 –129.

4. Капитанов, В.В. Оценка влияния выбора элементов матричного фотоприемника на точность определения угловых координат источника лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника / В.В. Капитанов, М.М. Фролов, А.А. Козирацкий, К.С. Сафонов // XIX Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», 14–15 февраля 2019 г., под редакцией Борисова Д.Н. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 340 – 345.

5. Гансалес, Р., Вудс, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гансалес, Р.М. Вудс. – М.: Техносфера, 2005.– 2012 с.

6. Алтынов, А.Е., Грузинов, В.С., Мишин, И.В. Статистический анализ аэрокосмических изображений: Методическое пособие / А.Е. Алтынов, В.С. Грузинов, И.В. Мишин. – М.: Издательство МИИГАиК, 2015. – 52 с.

Фрактальная прогностическая модель обработки потоковой метеорологической информации

С. Л. Кирносов, e-mail: slk_met@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *Построена фрактальная прогностическая модель обработки временных рядов потоковых метеоданных с использованием модифицированного метода Херста.*

Ключевые слова: *фракталы, метеоданные, модифицированный метод Херста, временной ряд.*

Введение

В настоящее время в практике гидрометеорологического обеспечения войск большое внимание уделяется модификации известных графических методов представления потоковых данных, на основе которых строятся причинно-следственные диаграммы и временные ряды. Анализ временных метеорядов осуществляется с использованием известных классических статистических трендовых моделей, которые в ряде случаев не всегда дают требуемые результаты, так как не учитывают долговременную память и степень случайности членов метеоряда [1, 2].

Данный факт требует разработки нового и совершенствования существующего инструментария для обработки временных рядов, основанного на современных математических идеях. Перспективным направлением в решении данной задачи является использование системно-динамического подхода, в рамках которого предлагается применить теорию фракталов.

Таким образом, целью исследований в данной работе является повышение качества прогностических гидрометеорологических моделей, основанных на анализе временных метеорядов с точки зрения их фрактальных свойств.

1. Построение фрактальной прогностической модели

В модели вводятся фракталы – ключевое понятие теории детерминированного хаоса, являющиеся аттрактором (пределом и целью) движения детерминированно-хаотической динамической системы. Основное свойство фрактала – самоподобие, заключающееся в

© Кирносов С. Л., 2020

том, что его малые части повторяют геометрические свойства более крупных частей и всей фигуры целиком. Этими же свойствами обладают временные диаграммы (ряды) метеовеличин.

С математической точки зрения фрактал можно рассматривать, прежде всего, как объект (множество) с дробной (фрактальной) размерностью. Фрактальная размерность (размерность Хаусдорфа-Безиковича) двумерного временного ряда строго больше его топологической размерности и находится между единицей и двойкой.

Центральное место в изучении фрактальной структуры временных рядов занимает метод нормированного размаха Г. Херста (*R*/*S*-анализ). В рамках этого метода вычисляется показатель Херста (*H*), позволяющий разрабатывать прогностические заключения о тенденции тренда рядов, а также проводить классификацию временных рядов по степени их случайности.

Временные последовательности, для которых $H > 0{,}5$, относятся к классу персистентных – сохраняющих имеющуюся тенденцию. Если приращения были положительными в течение некоторого времени в прошлом, то есть происходило увеличение, то и впредь, в среднем, будет происходить увеличение. Таким образом, для процесса с $H > 0{,}5$ тенденция к увеличению в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем. И наоборот, тенденция к уменьшению в прошлом означает, в среднем, продолжение уменьшения в будущем [1, 2].

Чем больше *H*, тем сильнее тенденция. При $H = 0{,}5$ никакой выраженной тенденции процесса не происходит, и нет оснований считать, что она появится в будущем. Случай $H < 0{,}5$ характеризуется антиперсистентностью – рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а тенденция к уменьшению в прошлом делает вероятным увеличение в будущем. Чем меньше численные значения параметра *H*, тем больше вероятность смены знака тренда.

Расчет параметра *H* выполняется в несколько этапов.

1. На первом этапе исходный временной ряд исследуемого параметра X_i, где $i = \overline{1,\ N}$ (N – дискретные моменты времени), преобразуется в меньший ряд Y_k, где $k = \overline{1,\ N-1}$ с использованием выражения

$$Y_k = \ln\left(\frac{X_{i+1}}{X_i}\right). \qquad (1)$$

2. Полученный новый ряд делится на A смежных подпериодов длины l так, что $Al = N - 1$. Суть применения классического метода Г. Херста заключается в том, что для каждого из подпериодов

вычисляются взвешенные скользящие средние ($\widetilde{Y}_A$) и средние квадратические отклонения (S_A).

Взвешенные коэффициенты в каждом из подпериодов выбираются таким образом, что самому позднему члену ряда соответствует значение 1,0, которое по линейном закону убывает до значения 0,5, соответствующего первому члену подпериода.

При этом вышеуказанный расчет $\widetilde{Y}_A$ для текущего подпериода проводится по данным предыдущего подпериода. Временной ряд накопленных отклонений $\Delta Y_{A,\,l}$ от математического ожидания для каждого из подпериодов определяется как

$$\Delta Y_{A,\,l} = \sum_{j=1}^{l} (Y_j - \widetilde{Y}_A)\,, \tag{2}$$

где $j = \overline{1,\,l}$.

3. Далее вычисляется разность (размах) отклонений от среднего в пределах каждого подпериода с использованием выражения

$$R_A = \max(\Delta Y_{A,\,l}) - \min(\Delta Y_{A,\,l})\,. \tag{3}$$

4. Вычисляется среднее арифметическое

$$(R/S)_l = \frac{1}{A} \sum_{m=1}^{A} (R_m / S_m)\,, \tag{4}$$

где $m = \overline{1,\,A}$.

5. Производится переразбиение временного ряда, представленного выражением (1) на новые подпериоды, длина которых больше l, и выполняется весь алгоритм заново в соответствии с пунктами 2 – 4.

6. Используя метод наименьших квадратов, находится значение показателя Г. Херста (H) из уравнения парной регрессии вида

$$\ln(R/S) = \ln c + H \ln N\,, \tag{5}$$

где c – константа.

7. Находится значение размерности Хаусдорфа-Безиковича с использованием выражения

$$D = 2 - H\,. \tag{6}$$

В работе исследованы фрактальные характеристики временного ряда наблюдений за температурой воздуха по п. Москва за последние 10 лет. Ряд содержит значения температуры T_i с частотой дискретизации 3

часа. Объем выборки составил $N = 27515$ наблюдений. На рис. 1 представлена диаграмма результатов вышеуказанных наблюдений и убывающий температурный тренд.

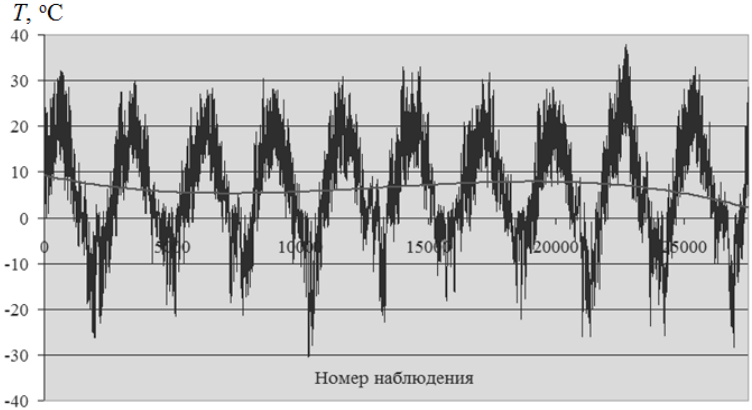


Рис. 1. Временная диаграмма результатов наблюдений за температурой воздуха

На рис. 2 представлен временной ряд численных значений $\ln(\Delta T_i)$ накопленных отклонений от взвешенного скользящего среднего, полученных с использованием выражения (1), и линия слабо восходящего тренда.

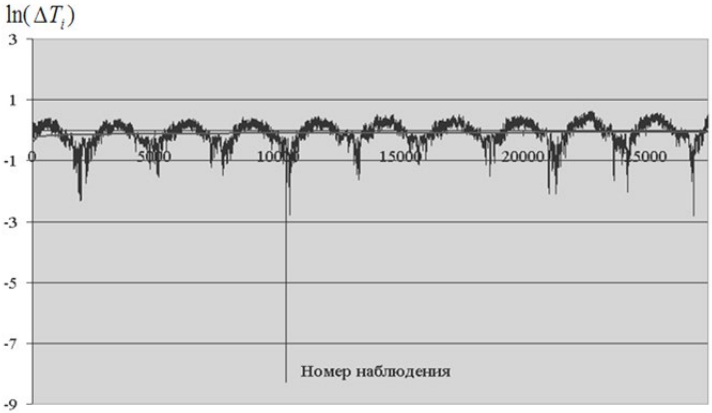


Рис. 2. Временной ряд накопленных отклонений температуры от средних значений

Размах отклонений температуры, полученный с использованием выражения (2.52) составил $R_T = \max(\Delta R_T) - \min(\Delta R_T) = 0{,}637$ - (- 8,278) = 8,915 °С, а среднее квадратическое отклонение $S_T = 0{,}084$ °С.

Значение искомого показателя Херста, полученное с использованием выражения (5), составило $H = 0{,}489$. Г. Херст показал, что рассчитанный параметр характеризует отношение силы тренда (детерминированный фактор) к уровню шума (случайный фактор). Сила тренда и уровень шума оцениваются, насколько представленная величина *H* превосходит 0,5.

В рассматриваемом случае слабая детерминированная составляющая фрактальных свойств ряда присутствует, и наблюдается антиперсистентный процесс, свидетельствующий о неустойчивости знака температурного тренда. Данный факт не входит в противоречие с прогнозами ученых о глобальном потеплении климата на планете.

Значение размерности Хаусдорфа-Безиковича, полученное с использованием выражения (6), составляет $D = 1{,}511$, что свидетельствует о «неслучайной» природе исследуемого временного ряда. Таким образом, расчет численных значений показателя *H* по временной диаграмме позволяет сделать заключение о степени организованности процесса, а также о предполагаемом (прогностическом) знаке линии тренда стохастического ряда.

Заключение

Таким образом, в работе построена фрактальная прогностическая модель обработки временных рядов потоковых метеоданных с использованием модифицированного метода Херста.

Применение построенной модели обработки временных рядов метеовеличин будет вести к учету такого понятия, как степень организованности исследуемого процесса, что в свою очередь будет способствовать повышению адекватности прогностической метеорологической информации.

Список литературы

1. Матвеев, М.Г. Применение теории фракталов для прогноза природных стохастических полей / М.Г. Матвеев, В.В. Михайлов // Системы управления и информационные технологии. № 5 (22), 2005. – С. 21–25.

2. Матвеев, М.Г. Прогностическая метеорологическая модель динамики многомерного векторного нестационарного процесса / М.Г. Матвеев, С.Л. Кирносов // Нелинейный мир, № 9, 2014 г. – С. 11–15.

Программный комплекс для оценки реальной дальности видимости с применением приборов ночного видения в темное время суток

В.И. Ковалев, email: slavko50@mail.ru [1]
Л. В. Вилков;
В. Н. Петров;
А.О. Метельский

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных Сил
«Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются разработанный в ВУНЦ ВВС «ВВА» программный комплекс позволяющий производить оценку возможности выполнения полетов по правилам визуальных полетов с применением приборов ночного видения в темное время суток.*

Ключевые слова: *видимость ночью, темное время суток, прибор ночного видения, программный комплекс.*

Введение

Практика выполнения полетов в темное время суток (ТВС) с применением приборов ночного видения (ПНВ) выявила необходимость в разработке программного комплекса позволяющего оперативно производить расчеты дальности видимости (ДВ) с применением ПНВ. Это связано с тем, что ДВ является основной характеристикой оценки возможности выполнения полетов ночью. Исследования показали, что ДВ в ТВС зависит от метеорологических условий (МУ) [1].

Актуальность исследования обусловлена отсутствием методик оценки ДВ с применением ПНВ в зависимости от МУ. Поэтому целью работы является программный комплекс для оценки реальной дальности видимости с применением приборов ночного видения в темное время суток в зависимости от метеорологических условий [2].

1. Принцип построения программного комплекса для оценки реальной дальности видимости с применением приборов ночного видения в темное время суток

На ДВ с применением ПНВ оказывает влияние большое количество различных факторов, которые одновременно учесть невозможно, и

© Ковалев В. И., Вилков Л.В., Петров В. Н., Метельский А. О., 2020

каждый из них в определённых условиях бывает необходимо рассчитать в отдельности для выбора более радикального или оптимального решения на выполнения полетов в ТВС. Поэтому в основу лег принцип разработки программного комплекса состоящего из нескольких программ связанных между собой единой целью.

Исходя из этого, представляется целесообразным в основу оценки реальной ДВ с применением ПНВ в ТВС закладывать блочно-модульный принцип построения, который позволит реализовать целый ряд преимуществ:

становится возможным производить моделирование процессов, происходящих в каждом блоке в отдельности с требуемой полнотой и детализацией;

при необходимости можно производить наращивание количества учитываемых параметров ландшафта местности, контрастов объектов и фонов, более полного представления о прозрачности атмосферы и его распределения в пространстве, учитывать особенности технологий ПНВ и особенностей зрительного восприятия;

внесение изменений будет характеризоваться простотой, поскольку будет касаться каких-то определенных факторов и входить в строго определенный блок, а также влиять на повышение эффективности и достоверности всей системы;

реализуется принцип прослеживания изменений отдельных факторов на ДВ с применением ПНВ в зависимости от МУ.

Блок схема представлена на рис. 1

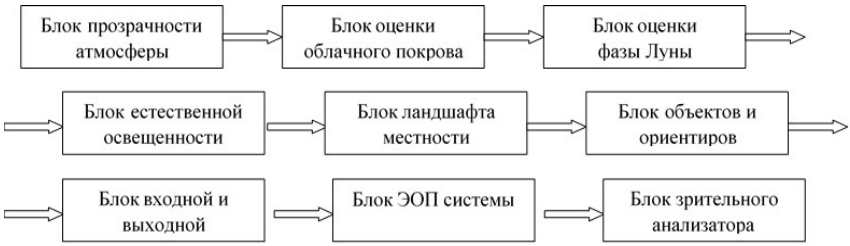


Рис. 1. Блок схема модели расчета дальности видимости с применением приборов ночного видения

Анализ состава и взаимосвязи блоков, приведенных на рис. 1, позволяет заключить, что их совокупность является достаточной для учета влияния основных метеорологических условий на ДВ с применением ПНВ.

Исходя из вышесказанного, разрабатываемый программный комплекс по содержанию должен удовлетворять следующим принципам:

быть адекватной результатам, полученным в соответствующих реальных условиях проведения экспериментов;

обеспечивать полный учет факторов, влияющих на нее для подержания достаточной для практики точности проведения расчетов;

обладать свойством универсальности, комплекс может быть распространен на все имеющиеся ПНВ (различного поколения, назначений, вариантов конструкторского исполнения) и задачи, стоящие перед различными видами и родами ВС РФ;

обеспечить оперативность расчетов;

осуществлять возможность выявления значимых факторов и служить теоретической основой для выбора оптимальных условий для выполнения поставленных задач.

2. Описание программного комплекса для оценки реальной дальности видимости с применением приборов ночного видения в темное время суток

В целях оперативного и обоснованного принятия решения, при планировании применения авиации с ПНВ в ТВС в зависимости от МУ необходимо оценить летно-метеорологические условия.

Основным критерием является работоспособность ПНВ в зависимости от МУ. Разработана программа, для ПЭВМ позволяющая производить оценку возможности их применения.

Данная программа позволяет автоматически оценивать возможность применения ПНВ в зависимости от метеорологических условий. Программа написана на языке программирования Microsoft Excel. Программа прошла регистрацию и имеет свидетельство о регистрации программ ВУНЦ ВВС «ВВА» для ЭВМ № 1325 от 14 июня 2018 года. Интерфейс данной программы представлен на рис. 2.

Для оценки возможности применения ПНВ необходимо в ячейки, соответствующие факторам, оказывающим влияние на применение ПНВ, ввести данные о состоянии естественной освещённости, высоты нижней границы облаков, количества облаков, относительной влажности воздуха, метеорологической дальности видимости, о фазе Луны и наличии или отсутствии явлений погоды, после чего, программа автоматически выдает рекомендации о возможности применения ПНВ в данных метеорологических условиях.

Оценка применения данной программы показала свою достоверность и может быть использована при планировании производства полетов в ТВС с применением ПНВ.

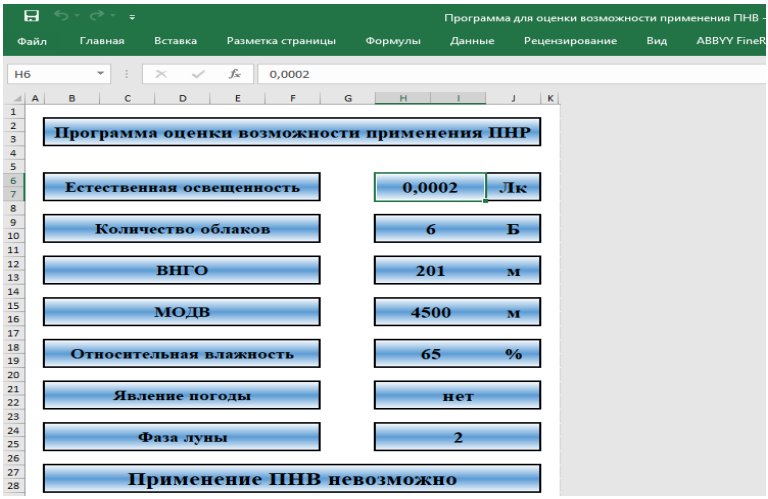


Рис. 2. Интерфейс программы «Оценка возможности применения приборов ночного видения в зависимости от метеорологических условий»

Вторая программа входящая в программный комплекс для оценки реальной ДВ с применением ПНВ в ТВС, предназначена для оценки естественной освещённости которая является основным фактором влияющим на эффективность работы ПНВ.

Данная программа «Расчет естественной освещенности в течение ночи» предназначена для вычисления естественной освещённости в зависимости от места нахождения, фазы Луны, количества и формы облачного покрова и подстилающей поверхности. Также программа позволяет построить график изменения естественной освещённости в течение всей ночи. Программа написана на языке программирования C#. Программа прошла регистрацию и имеет свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018660342 от 22 августа 2018 года.

После запуска программы, отображается окно с графическим интерфейсом , представленным на рис. 3. Программа позволяет строить графики изменения естественной освещённости в течение всего ТВС.

Оценка применения данной программы показала свою достоверность и может быть использована при планировании производства полетов в ТВС как с применением ПНВ так и без них, т.к. естественной освещённости является основным фактором влияющим, на условия видимости ночью.

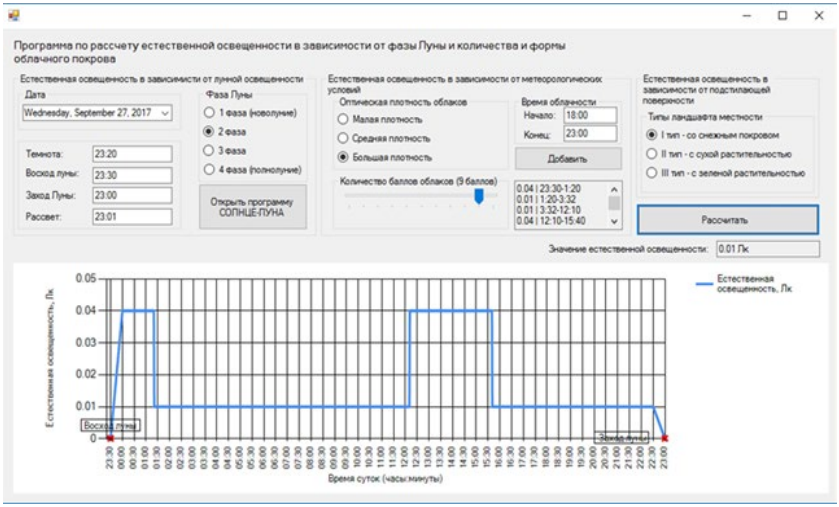


Рис. 3. Пример интерфейса программы «Расчет естественной освещенности в зависимости от метеорологических условий»

Очень важной характеристикой при принятии решения на уничтожение цели при решении задач по применению авиации в ТВС с применением ПНВ является реальная ДВ с применением ПНВ в зависимости от метеорологических условий. От ее значений зависит способ применения, расчет его возможностей.

Как упоминалось ранее, основной задачей летчиков выполняющих полеты с применением ПНВ в ТВС является обнаружение объектов. Обнаружение объекта – это процесс выделения подобия искомого объекта на фоне множества других. Алгоритм расчета дальности обнаружения объектов представлен в виде схемы на рис. 4.

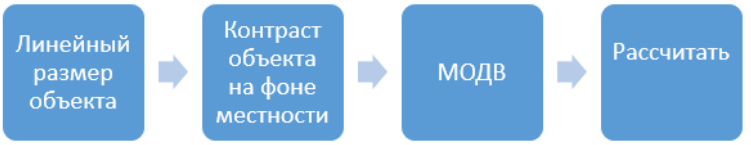


Рис. 4. Алгоритм расчета реальной дальности видимости объекта

Для оперативного расчета, прогноза разработана программа "Определение предельной дальности видимости объекта" рис. 5, позволяющая производить расчеты с применением ПЭВМ.

Данная программа "Определение предельной дальности видимости объекта" предназначена для вычисления реальной ДВ с применением ПНВ в зависимости от метеорологических условий. Программа написана на языке программирования C#. Программа прошла регистрацию и имеет свидетельство о регистрации программ, выданное ВУНЦ ВВС «ВВА» для ЭВМ № 530 от 10 октября 2012 года, и прошла регистрацию и имеет свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014616206 от 30 ноября 2014 года.

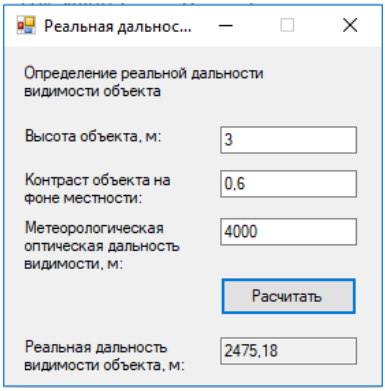


Рис. 5. Пример интерфейса программы "Определение предельной дальности видимости объекта"

Оценка применения данной программы показала свою достоверность и может быть использована при планировании производства полетов в ТВС как с применением ПНВ, так и без них, т.к. реальная дальность видимости с применением ПНВ в зависимости от метеорологических условий и является основным фактором, влияющим на условия видимости в ТВС.

Наклонная полетная дальность видимости с применением ПНВ в зависимости от метеорологических условий с борта воздушного судна несколько отличается от значений дальности видимости у земли. Это связано с различными видами распределения горизонтальной видимости с высотой, которая в значительной степени зависит от облачности и явлений погоды у земли (туман, дымка). Для оперативного расчета и прогноза разработана программа, позволяющая производить расчеты с применением ПЭВМ рис.6.

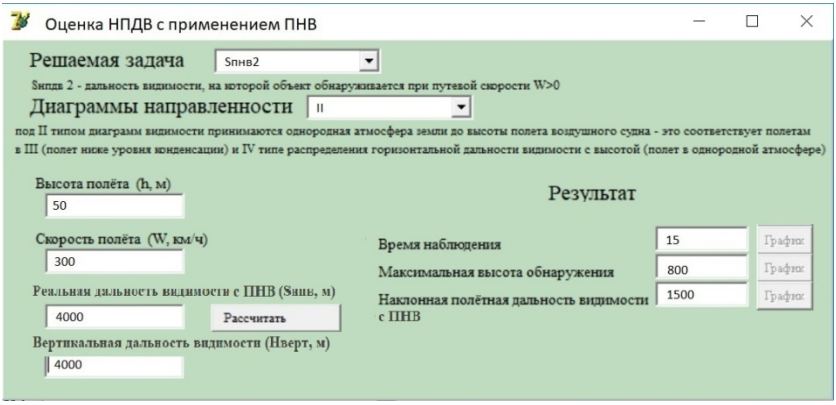


Рис. 6. Страница программы расчета НПДВ

Данная программа предназначена для вычисления реальной наклонной полетной ДВ с применением ПНВ в зависимости от метеорологических условий. Программа написана на языке программирования C#. Программа прошла регистрацию и имеет свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014616206 от 30 ноября 2014 года.

Программа на основе предложенной в работах [1, 2] производит расчет наклонной полетной дальности видимости с применением ПНВ в зависимости от метеорологических условий. Входными параметрами являются скорость и высота полета, тип и задача, метеорологическая дальность видимости, которая в ТВС представляет горизонтальную дальность видимость и вертикальная дальность видимости.

Оценка применения данной программы показала свою достоверность и может быть использована при планировании производства полетов в ТВС как с применением ПНВ, так и без них, т.к. наклонная полетная дальность видимости с применением ПНВ в зависимости от МУ является основным фактором влияющим, на условия видимости ночью.

Предложенный программный комплекс позволит оценить оптимальные параметры, при которых возможно выполнение полетов с применением ПНВ в ТВС.

3. Выводы

Данные о ДВ с применением ПНВ в ТВС в зависимости от МУ, являются важной информацией для принятия решения о применении подразделений АА ночью. Исходя из этого, специалисту

метеорологической службы необходимо производить оценку ДВ с применением ПНВ в ТВС в зависимости от МУ.

Внедрение программного комплекса для оценки реальной ДВ с применением ПНВ в ТВС в зависимости от метеорологических условий позволяет получить решение проблемы оптимизированного решения и наглядного представления информации о естественной освещенности на период выполнения полетов, расчета дальности видимости с применением приборов ночного видения, реальной дальности видимости с применением приборов ночного видения, наклонной полетной дальности видимости с применением приборов ночного видения

В перспективе необходимо постоянно продолжать работу по созданию программного обеспечения, предложенной методики оценки возможности применения авиации, в ТВС в зависимости от метеорологических условий путём сопряжения программно-аппаратного комплекса АРМ-ВГМ с АСУ (ГИС-Интеграция).

Руководящий состав авиации считает необходимым, чтобы метеорологическая служба оценивала и прогнозировала не только метеорологические условия, но и давала рекомендации о влиянии ДВ с применением ПНВ на производство полетов в ТВС. Это позволит повысить качество метеорологического обеспечения, безопасность и эффективность выполнения авиационных задач в темное время суток с применением приборов ночного видения.

Список литературы

1. Грузевич Ю.К. Оптико-электронные приборы ночного видения. / Ю.К Грузевич //М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. 276 с

2. Дорофеев В.В. Полетная видимость./ В.В. Дорофеев, И. О. Бакланов, В.И. Ковалёв// Монография. Воронеж: Воронежский ЦНТИ, 2013. 286 с.

Имитационная модель процесса управления беспилотным летательным аппаратом малого класса с использованием оптического диапазона длин волн

А. Ю. Козирацкий, e-mail: sashfish@bk.ru[1]
О.В. Кусакин, e-mail: kusakin_1984@mail.ru.ru[1]
М. М. Фролов, e-mail: mikhail_f@bk.ru[1]
А.А. Козирацкий, e-mail: sashfish1@bk.ru[2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Приведены результаты имитационного моделирования процесса управления БЛА с использованием оптического диапазона длин волн, учитывающие влияние дрожания руки оператора и позволяющие определить требуемую ширину диаграммы направленности управляющего лазерного излучения.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, управляющее лазерное излучение, диаграмма направленности, оператор.*

Введение

Опыт ведения боевых действий в городских условиях в Сирийской Арабской Республике, показал, что такие средства огневого поражения, как ствольная артиллерия, авиационные средства поражения (КАБ, УАБ) являются малоэффективными вследствие высокой плотности городской застройки, а также значительного риска попадания подразделений под «дружественный» огонь. Также указанные средства артиллерии не могут обеспечить необходимую для ведения боя в городских условиях траекторию полета снарядов. Это обстоятельство создает идеальную среду для ведения партизанских действий незаконными вооруженными формированиями, и подтверждает тот факт, что превосходство регулярных вооруженных сил, прежде всего техническое, при действии в городах в значительной степени нейтрализуется [1].

Высокую эффективность при ведении боя в городских условиях показали минометы, способные поражать противника в укрытиях вне зоны прямой видимости. С целью корректировки ведения огня минометных расчетов все большее применение находят БЛА.

Однако ведение боевых действий в городских условиях сопровождается активным использованием средств РЭБ обеими противоборствующими сторонами, осуществляющими подавление

приемников систем передачи информации, навигации и управления БЛА.

Поэтому в сложившихся условиях наступает противоречие: с одной стороны, для корректировки огня минометных расчетов необходимо использование БЛА, с другой стороны, применение средств РЭБ исключает возможность их использования.

Одним из возможных путей решения данного противоречия может являться использование оптического канала управления и навигации БЛА [2, 3].

В [2, 3] предложен способ управления БЛА с использованием оптического диапазона длин волн.

Для управления БЛА, необходимо чтобы приемное устройство БЛА постоянно находилось в диаграмме направленности управляющего лазерного излучения. Поэтому управляющее лазерное излучение должно обладать такой шириной диаграммы направленности, чтобы такие факторы как дрожание руки оператора, порывы ветра, турбулентность атмосферы, а также инерционность БЛА, не привели к вылету БЛА за пределы его диаграммы направленности, т.е. поле зрения приемного устройства БЛА должно постоянно находиться в диаграмме направленности управляющего лазерного излучения.

Одним из основных факторов, влияющих на возможность вылета БЛА за пределы диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, будет являться дрожание руки оператора в процессе управления БЛА. Для определения требуемой ширины диаграммы направленности управляющего лазерного излучения необходимо определить статистические характеристики возможных отклонений диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, вызванных дрожанием руки оператора. Для этого необходимо провести имитационное моделирование процесса управления БЛА, обусловленного влиянием дрожания руки оператора.

Поэтому целью данной работы является разработка имитационной модели процесса управления оператором беспилотным летательным аппаратом по оптическому каналу управления, позволяющей определить требуемую ширину диаграммы направленности управляющего лазерного излучения.

1. Разработка имитационной модели

Для разработки имитационной модели рассмотрим геометрию задачи способа управления БЛА, представленного на рисунке 1.

На рис. 1 приведена декартовая (X,Y,Z) и сферическая $\Psi(\rho,\varphi,\theta)$ системы координат, в начале которых находится оператор, управляющий БЛА, $(X_{БЛА},Y_{БЛА},Z_{БЛА})$ – координаты БЛА.

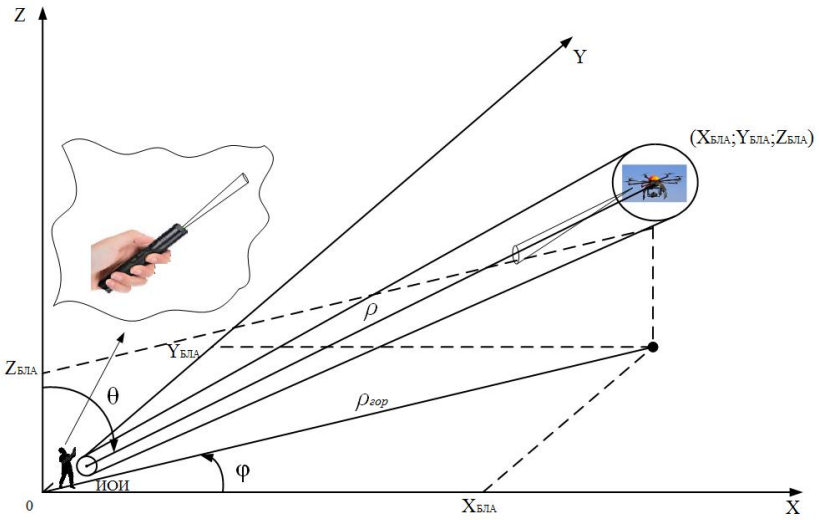


Рис. 1. Геометрия задачи

Оператор осуществляет управление БЛА по азимуту φ и углу места θ путем перемещения в пространстве диаграммы направленности управляющего лазерного излучения. В качестве источника управляющего лазерного излучения предполагается использование полупроводникового лазера, к основным достоинствам которого относятся сверхминиатюрность (малые массо-габаритные характеристики), простота конструкции, высокий КПД, малая инерционность, обусловливающая широкую полосу частот прямой модуляции, возможность плавной спектральной перестройки, возможность электронного управления режимом генерации и параметрами излучения (длиной волны, степенью когерентности) [2].

За счет возможности изменения параметров излучения полупроводникового лазера управление БЛА по дальности можно осуществлять путем изменения периода следования импульсного лазерного излучения. Т.е. удаление БЛА может осуществляется путем уменьшения периода следования импульсов лазерного излучения, а приближение – увеличением периода.

Применительно к схеме, представленной на рис. 1, связь декартовой и сферической систем координат будет определяться следующими выражениями:

$$\begin{cases} X_{БЛА} = \rho\cos(\varphi)\sin(\theta) \\ Y_{БЛА} = \rho\sin(\varphi)\cos(\theta) \\ Z_{БЛА} = \rho\cos(\theta) \end{cases}. \quad (1)$$

Для определения требуемой ширины диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, необходимо определить размеры (площадь фигуры S) возможных отклонений управляющего лазерного излучения на плоскости α, перпендикулярной к вектору ρ (рис. 2).

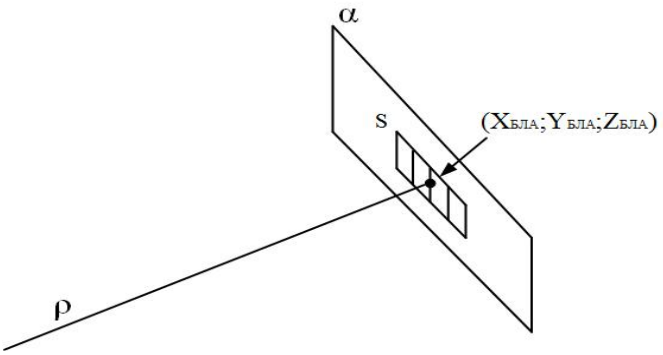


Рис. 2. Плоскость α, проходящая через точку с координатами $(X_{БЛА}, Y_{БЛА}, Z_{БЛА})$ перпендикулярно вектору ρ

Уравнение плоскости α, проходящей через точку $(X_{БЛА}, Y_{БЛА}, Z_{БЛА})$ перпендикулярной вектору $\rho = \{A, B, C\}$, будет определяться выражением:

$$A(X - X_{БЛА}) + B(Y - Y_{БЛА}) + C(Z - Z_{БЛА}) = 0. \quad (2)$$

Для определения значений возможных отклонений диаграммы направленности управляющего лазерного излучения в процессе управления БЛА, проведем имитационное моделирование дрожания руки оператора по азимуту и углу места. Предположим, что отклонения управляющего лазерного излучения, вызванные дрожанием руки оператора, по азимуту и углу места будут распределены по нормальному закону распределения с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением, соответствующим 1^0 [4]. Тогда

значения координат БЛА, вызванные отклонением по азимуту $\Delta\varphi$ и углу места $\Delta\theta$ будут определяться выражениями:

$$\begin{cases} X_{ИМ} = \rho\cos(\varphi + \Delta\varphi_{им})\sin(\theta + \Delta\theta_{им}) \\ Y_{ИМ} = \rho\sin(\varphi + \Delta\varphi_{им})\cos(\theta + \Delta\theta_{им}) \\ Z_{ИМ} = \rho\cos(\theta + \Delta\theta_{им}) \end{cases}. \quad (3)$$

2. Результаты имитационного моделирования

В результате имитационного моделирования дрожания руки оператора (для числа измерений = 100, расстояние от оператора до БЛА $\rho = 2000$ м, азимут $\varphi = 30^0$, угол места $\theta = 45^0$) были получены статистические значения размеров возможных отклонений диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, представленных в виде гистограммы значений отклонений управляющего излучения по азимуту $\Delta X = X_{\max} - X_{\min}$ (рис. 3а) и углу места $\Delta Z = Z_{\max} - Z_{\min}$ (рис. 3б) в декартовой системе координат.

Моделирование дрожания руки оператора по азимуту и углу места реализовано с помощью системы автоматизации математических вычислений MathCAD.

Для определения «оптимального» числа интервалов k гистограммы была использована формула Брукса и Каррузера [5]:

$$k = 5\lg(n), \quad (4)$$

где n – число испытаний.

Таким образом, размеры (площадь фигуры S) возможных отклонений управляющего лазерного излучения на плоскости α, перпендикулярной вектору дальности ρ (рис. 2) и зависящие от его величины, будут определяться выражением:

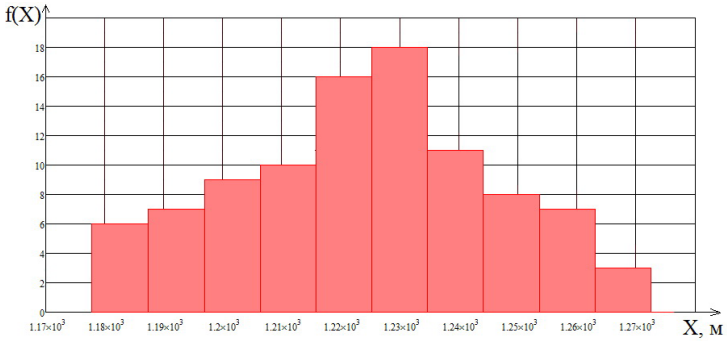
$$S(\rho) = \Delta X(\rho) \cdot \Delta Z(\rho), \quad (5)$$

где $\Delta X(\rho)$ и $\Delta Z(\rho)$ – диапазоны отклонений управляющего лазерного излучения по азимуту и углу места соответственно, полученных в результате имитационного моделирования.

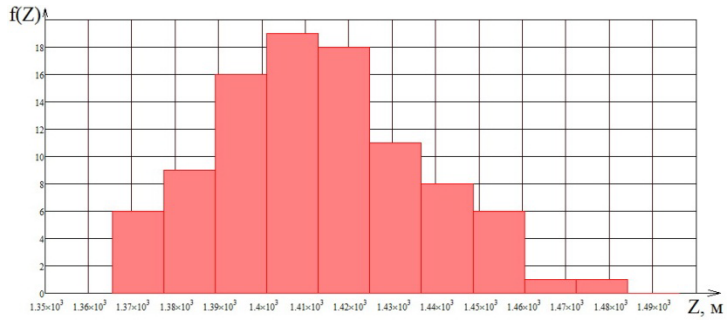
Определив размеры (площадь фигуры S) отклонений управляющего лазерного излучения на плоскости α можно найти требуемую ширину диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, обеспечивающая постоянное нахождение БЛА в его пределах, как величину телесного угла Ω в стерадианах [6]:

$$\Omega = \frac{S}{\rho^2}, \qquad (6)$$

где S – площадь фигуры отклонений управляющего лазерного излучения, $м^2$; ρ – расстояние от оператора до БЛА, $м$.



а



б

а – отклонение по азимуту, б – отклонение по углу места

Рис. 3. Гистограммы отклонений управляющего лазерного излучения в декартовой системе координат

Из анализа условий применения БЛА (на дальностях до 5-6 км. и высотах до 2-3 км.) в результате имитационного моделирования было получено требуемое значение ширины диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, учитывающее влияние дрожания руки оператора и обеспечивающая постоянное нахождение БЛА в ее

пределах, которое должно составлять не менее $4.3 \cdot 10^{-3}$ стерадиан.

Обеспечение требуемой ширины диаграммы направленности может быть реализовано постановкой на выходе источника оптического излучения специального рассеивающего объектива, который будет формировать требуемую ширину диаграммы направленности управляющего оптического излучения.

Заключение

Таким образом, в работе представлены результаты имитационного моделирования процесса управления оператором беспилотным летательным аппаратом по оптическому каналу управления, учитывающие влияние дрожания руки оператора и позволяющие определить требуемую ширину диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, обеспечивающую постоянное нахождение БЛА в ее пределах.

Список литературы

1. Военный обозреватель. Как воюет ИГИЛ. Тактика незаконных вооруженных формирований. URL: http://www.militarycolumnist.ru/как-воюет-игил-таткика-незаконных-воинских-воо/.

2. Козирацкий А.Ю., Кусакин О.В., Фролов М.М., Козирацкий А.А. Управление беспилотным летательным аппаратом типа «квадрокоптер» в условиях сложной электромагнитной обстановки // Материалы XIX международной НМК «Информатика: Проблемы, методология, технологии». Воронеж 14–15 февраля 2019. – Воронеж: ВГУ, 2019. − С. 368–373.

3. Козирацкий А.Ю., Кусакин О.В., Фролов М.М., Козирацкий А.А. Способ управления беспилотным летательным аппаратом типа «квадрокоптер» в условиях сложной электромагнитной обстановки // Сборник научных статей по материалам 6-й международной НПК «Академические жуковские чтения». Воронеж 14–15 ноября 2018. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 162–166.

4. Балин В. Д., Гайда В. К., Гербачевский В. К. и др. Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии / Под общей ред. А. А. Крылова, С. А. Маничева. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Питер. – 2003. – 560 с.

5. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 368 с.

6. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: АСТ: Астрель, 2006. – 991 с.

Использование символьных вычислений для определения рангов систем билинейных уравнений

Д. В. Козориз, email: kdv1996@mail.ru
А. В. Лобода, email: lobvgasu@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложен связанный с символьными вычислениями подход к одной задаче многомерного комплексного анализа. Изучение ранга (27×9)-матрицы, зависящей линейно от 27 вещественных параметров, сводится к исследованию систем полиномиальных уравнений.*

Ключевые слова: *Система билинейных уравнений, ранг матрицы, базис Грёбнера*

Введение

В задаче описания однородных поверхностей многомерных комплексных пространств возникают системы уравнений, зависящих линейным образом от двух групп переменных и имеющих достаточно большие размеры.

В частности, для рассматриваемых в настоящее время вещественных гиперповерхностей 4-мерного комплексного пространства одна из таких групп переменных содержит 27 неизвестных величин, а другая – 9. Количество уравнений в обсуждаемой «однородной» (имеющей нулевую правую часть) системе равно размерности пространства первой группы, т.е. 27.

1. Постановка задачи

В 27-мерном пространстве вещественных многочленов $N_{22}(z_1,z_2,z_3)$ от трех комплексных переменных, удовлетворяющих т. н. tr-условию Мозера (см.[1]), изучается задача «сохранения» отдельного элемента подгруппой унитарной группы $SU(3)$, т.е.:

$$N_{220}(U(t)z,U(t)\bar{z})=N_{220}(z,\bar{z}), \tag{1}$$

$$\langle U(t)z,U(t)z\rangle=\langle z,z\rangle. \tag{2}$$

Здесь $\langle z,z\rangle=|z_1|^2+|z_2|^2+|z_3|^2$ – эрмитова форма, $U(t)$ унитарная матрица 3-го порядка, зависящая от параметра t.

© Козориз Д. В., Лобода А. В., 2020

Отдельных вычислений требует построение базиса пространства обсуждаемых многочленов, являющегося подпространством пространства однородных многочленов типа (2, 2) и имеющего вещественную размерность 36.

Эту задачу удобнее рассматривать после перехода от группы Ли $SU(3)$ к ее алгебре Ли за счет дифференцирования равенства (1) по параметру t. Матрица $X = U'(0)$ является косоэрмитовой, содержит 9 вещественных параметров и имеет вид:

$$X = \begin{pmatrix} i\alpha_1 & \beta_1 + i\beta_2 & \beta_3 + i\beta_4 \\ -\beta_1 + i\beta_2 & i\alpha_2 & \beta_5 + i\beta_6 \\ -\beta_3 + i\beta_4 & -\beta_5 + i\beta_6 & i\alpha_3 \end{pmatrix} \qquad (3)$$

Учитывая, что $U(0) = E$, получим из (1) систему 27 уравнений, линейных относительно 27 коэффициентов многочлена N_{220} и 9 элементов марицы X.

Ниже в качестве примера представлены первые 5 строк первых двух столбцов этой матрицы.

Полученную систему билинейных уравнений можно представить как линейную (27×27)-систему относительно координат ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, ..., \beta_6$) или (27×9)-систему относительно коэффициентов $(\lambda_1, ..., \lambda_{27})$ многочлена в N_{22}. Ниже приведен фрагмент (27×9)-матрицы. Отметим что, характерной особенностью полученной матрицы является её «сплошная» заполненность (за исключением первых трёх столбцов).

$$M_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 3\lambda_4 - 3\lambda_6 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_4 \\ 0 & 0 & 0 & -\lambda_6 \\ \frac{1}{2}\lambda_5 & -\frac{1}{2}\lambda_5 & 0 & -\frac{1}{2}(\lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_3 - \lambda_{16}) \\ -\frac{1}{2}\lambda_4 & \frac{1}{2}\lambda_4 & 0 & -\frac{1}{2}\lambda_{17} \\ -\frac{1}{2}\lambda_7 & \frac{1}{2}\lambda_7 & 0 & \frac{1}{2}(\lambda_1 - \lambda_2 + \lambda_3 - \lambda_{16}) \\ \frac{1}{2}\lambda_6 & -\frac{1}{2}\lambda_6 & 0 & -\frac{1}{2}\lambda_{17} \end{pmatrix} \qquad (4)$$

Например, для многочлена $N = |z_1|^4 - 4|z_1|^2|z_2|^2 + |z_2|^2$ (один из базисных элементов пространства многочленов) матрица M_2 будет иметь вид:

$$\frac{1}{2}\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \qquad (5)$$

2. Изучение ранга матрицы

Теоретические рассмотрения работы [2] позволяют утверждать, что в данной постановке при любом ненулевом векторе переменных из первого пространства ранг (27x9)-матрицы оказывается не меньше 4.

Одной из целей настоящей работы является проверка этого утверждения. Второй целью является выявление всех возможных векторов из первого пространства, обеспечивающих именно такой минимальный ранг изучаемой матрицы. Тем самым, предлагается очертить потенциально возможное множество «максимально симметричных» однородных поверхностей в терминах тейлоровских коэффициентов их определяющих функций.

Отметим, что в аналогичной задаче в 3-мерном комплексном пространстве [3] соответствующая матрица билинейной системы имеет размеры (5×4), и вычисления всех необходимых миноров этой матрицы удалось реализовать [3] фактически в ручном режиме. Однако количества миноров, например, 4-го и 5-го порядков у (27×9)-матрицы составляют, соответственно, $C_{27}^4 \cdot C_9^4 = 2211300$ и $C_{27}^5 \cdot C_9^5 = 10171980$, а потому привлечение информационно-компьютерных технологий является в этой задаче вполне естественным.

Напомним, что необходимым условием равенства ранга (большой) изучаемой матрицы числу 4 является обращение в нуль всех миноров 5-го порядка этой матрицы. Метод решения поставленной задачи заключается в выделении относительно небольшого количества «удобных» миноров 5-го порядка, зависящих от векторов из первого пространства. Каждый такой минор является многочленом 5-го порядка от 27 переменных, а потому для исследования задачи предлагается рассмотреть порядка 30 – 40 таких миноров.

Фиксируя строки с большим количеством нулей можно получить относительно небольшие, удобные миноры. Например:

$$\lambda_i\lambda_{26}(2\lambda_8 - 3\lambda_{10})(\lambda_4\lambda_7 + \lambda_5\lambda_6)$$

$$\lambda_i\lambda_{26}(2\lambda_9 + 3\lambda_{11})(\lambda_4\lambda_7 + \lambda_5\lambda_6)$$

$$\lambda_i\lambda_{26}(2\lambda_{12} + 3\lambda_{14})(\lambda_4\lambda_7 + \lambda_5\lambda_6)$$

$$\lambda_i\lambda_{26}(2\lambda_{13} + 3\lambda_{15})(\lambda_4\lambda_7 + \lambda_5\lambda_6)$$

$$\lambda_i\lambda_{26}(\lambda_1 - 3\lambda_2 - 3\lambda_3)(\lambda_4\lambda_7 + \lambda_5\lambda_6),$$

где $i \in [4,\ \ 25]$. В то же время разложения многих миноров 5-го порядка содержат более 50 слагаемых.

Отметим что доказательство даже более простого утверждения

$$R(M_2) \geq 3$$

требует некоторых усилий, связанных с использованием базисов Грёбнера [4] для полиномиальных миноров. Так, начальное рассмотрение миноров 3-го порядка (при условии обращения в нуль всех таких миноров) приводит к выводу о непременном обращении в 0 элемента λ_{26} либо пары элементов (λ_8, λ_{13}). Использование этих равенств разбивает обсуждение на случаи, приводящие в конечном итоге к равенству нулю всего многочлена N_{22}. При этом имеются миноры 3-го порядка с разложениями из 12 слагаемых; чаще встречаются миноры типа приведенных ниже:

$$\lambda_i\lambda_{26}(2\lambda_9 + 3\lambda_{11}),$$

$$\lambda_i\lambda_{26}\lambda_8.$$

Исследование миноров 5-го порядка в данной задаче пока не завершено.

Заключение

Разработана техническая идея определения рангов больших матриц, линейно зависящих от многомерного параметра. Идея апробирована на малых рангах с привлечением компьютерных

алгоритмов построения базисов Грёбнера систем полиномиальных уравнений. Данная постановка возникла в задаче многомерного комплексного анализа; в то же время системы билинейных уравнений и определение их рангов имеют приложения в задачах экономики, социологии и др.

Список литературы

1. Chern S. S., Moser J.K Real Hypersurfaces in complex manifolds/ S. Chern, J. Moser // Acta Mathematica. – 1974. – № 133. – С. 219-271.
2. Kruglikov, B. Submaximally symmetric CR-structures/ B. Kruglikov // Journal of Geometric Analysis. – 2015. – № 26. – С. 3090-3097.
3. Лобода, А. В. О размерности группы, транзитивно действующей на гиперповерхности в C^3 / А. Лобода // Функц. анализ и его прил. – 1999. – Т. 33, выпуск 1. – С. 68-71.
4. Аржанцев, И.В. Базисы Гребнера и системы алгебраических уравнений / И. В. Аржанцев. – М. : МЦНМО, 2003. – 68 с.

Математическое моделирование в системах управления связью и радиотехническим обеспечением авиационных формирований

Е. В. Колтаков, email: evgenij.koltakov@mail.ru
М. А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной статье проанализирован функционал органов управления связью и радиотехническим обеспечением,обоснована необходимость применения математического моделирования при решении задач управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования.*

Ключевые слова: *математическое моделирование, управление системой связи и радиотехнического обеспечения.*

Введение

Представляя важнейшую составную часть технической основы системы управления авиационного формирования, система связи и радиотехнического обеспечения имеет вид сложной организационно-технической системы. От способности изменять своё состояние в заданных пределах, при управленческих воздействиях на неё со стороны органов управления связью, во всех условиях обстановки зависит эффективность реализации боевых возможностей не только подразделений связи и РТО, но и авиационного формирования в целом.

Целесообразность введения управления структурой, параметрами и режимами работы элементов системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования во многом определяется уровнем требований, предъявляемых к качеству информационного обмена, и характером условий функционирования систем связи и радиотехнического обеспечения полетов. Особую актуальность при этом приобретает задача математического моделирования поведения системы связи и РТО авиационного формирования в различных условиях обстановки.

© © Колтаков Е. В., Стафеев М. А., 2020

1. Разработка подхода

В настоящее время действия авиации характеризуются высокой динамичностью, значительным пространственным размахом и быстрым изменением обстановки, с другой стороны своевременное планирование связи и РТО, оперативность принятия решений и доведения задач до подчиненных, уровень внедрения и использования средств автоматизации на пунктах управления связью и РТО авиационных формирований не всегда обеспечивает требуемую управляемость системы связи и РТО.

Таким образом, объективно существует противоречие, заключающееся в следующем: с одной стороны для обеспечения своевременности, достоверности и безопасности информационного обмена в системе управления необходимо качественное управление связью и РТО, с другой стороны, техническая основа системы управления связью и РТО не в полной мере обеспечивает требуемую управляемость системы связи и РТО авиационного формирования.

Решение задачи повышения управляемости системы связи и РТО предполагает обоснование требований к показателям системы управления связью и РТО, оптимизацию перечня функций управления связью и РТО, а также плана распределения функций и ресурса системы связи и РТО, реализуемого на основе многоэтапных итеративных процедур оптимизации по принятым критериям. При этом актуальным является разработка и применение в автоматизированных системах управления связью математических моделей описывающих поведение систем связи и РТО авиационных формирований в различных условиях обстановки.Автоматизированная система управления связью и радиотехническим обеспечением должна являться основным инструментом многоуровневой поддержки принятия решений должностных лиц, для организационного, оперативно-технического и технологического уровней управления системой связи и радиотехнического обеспечения [1].

Современные боевые действия характеризуются быстротой изменения обстановки, применением высокотехнологических образцов вооружения, комплексированием систем разведки и поражения, внедрением автоматизированных систем управления, что предъявляет высокие требования к системам связи и РТО по устойчивости функционирования с требуемой пропускной способностью. Качество функционирования системы связи и РТО авиационного формирования напрямую зависит от качества ее организации при подготовке к выполнению поставленных задач. То есть, во многом определяется способностью органов управления связью и РТО выполнять в заданные

сроки, с требуемым качеством следующие функции: принятие решения на организацию связи и РТО, постановку задач по связи и РТО, планирование связи и РТО, организацию взаимодействия элементов системы связи и РТО и др. При этом основными проблемными вопросами организации связи и РТО являются неточность и неполнота исходных данных, фактическое отсутствие систем поддержки принятия решений органами управления связью и РТО, а также ограниченные сроки организации связи и РТО.

Задачи назначения и распределения ресурса системы связи и РТО, решаемые на организационном уровне управления связью и РТО должны обеспечить, с одной стороны эффективность предварительного распределения ресурсов, с другой стороны качественное оперативно-техническое управление эти ресурсом.

При этом оперативно-техническое управление связью и РТО может осуществляться с применением следующих методов управления:

жесткого централизованного управления, при котором заранее составляются планы связи и РТО (схемы, приказы), подлежащие исполнению только указанным способом и остающиеся неизменными на весь указанный период;

жесткого централизованного управления (с вариантами резервирования), при котором допускается ввод в действие заранее рассчитанных и доведенных до исполнителей вариантов резервирования системы связи и РТО;

адаптивного централизованного и слабо централизованного управления, при котором на основании информации от нижестоящих органов системы управления в вышестоящем органе управления принимается решение о коррекции планов связи и РТО и соответствующие распоряжения доводятся до исполнителей;

локального адаптивно-децентрализованного управления, при котором нижестоящие органы управления на основании полученных распоряжений от старших органов управления и собственных данных о состоянии сами принимают решения о распределении своего ресурса (например, замена неисправного технического средства на исправное);

распределенного адаптивно-децентрализованного управления, при котором органы управления на основании полученных распоряжений по связи и РТО, и собственных данных вырабатывают решения по реорганизации связи и РТО (например, перевод каналов связи в другое состояние, например вывод их в резерв и т.п.).

Практика показывает, что применительно к специфике выполнения задач авиационными формированиями, зачастую наиболее приемлемым являются методы локального адаптивно-децентрализованного

управления и распределенного адаптивно-децентрализованного управления, прежде всего это связано с частым перемещением воздушных судов. С учетом сказанного, для повышения обоснованности принимаемых решений необходимо применение моделирующих систем, для решения задач связанных с планированием связи и РТО в прогнозируемых условиях боевых действий авиации. Моделирование систем связи и РТО при различных вариантах развития обстановки имеет цель выработки типовых организационно-технических решений на построение элементов систем связи и РТО, формирования типовых вариантов и сетевых шаблонов построения систем связи и РТО, выработки тактики применения подразделений связи и РТО. На основе сетевых шаблонов должна обеспечиваться возможность формирования структуры единой распределенной территориальной системы связи и РТО, с учетом распределения резерва обеспечивающего своевременное восстановление системы связи и РТО. Развертываемые таким образом системы связи и РТО авиационных формирований должны адаптивно реагировать на изменения обстановки, новые оперативные и тактические задачи.

Существенной проблемой организации связи и РТО и решения задач оперативного управления остается фактическое отсутствие математических моделей, позволяющих адекватно описать функционирование системы связи и РТО в прогнозируемых условиях боевых действий. Сложность моделируемой системы связи и РТО, заключается в большом количестве факторов, определяющих эффективность ее работы, не позволяющих математически адекватно описать условия, структуру, механизмы функционирования и результаты ее применения.

Имеющиеся математические модели предполагают использование в качестве исходных, различных статистических данных, на базе которых рассчитываются вероятностно-временные характеристики функционирования системы связи и РТО. Зачастую получить статистические данные не представляется возможным, так как каждый этап боевых действий, каждая операция является уникальной, развитие вооружения и организации управления войсками, силами и оружием осуществляется революционно, в результате чего опыт предыдущих войн зачастую оказывается неприменим. Очевидно, что необходимо использовать методы многоуровневого имитационного моделирования, сочетающие методы системной динамики, агентного и дискретно-событийного моделирования на разных уровнях анализа системы [2].

Моделирующие системы должны обеспечить должностных лиц данными о поведении систем связи и РТО в прогнозируемых условиях

боевых действий, при выработке предложений по организации связи и РТО дать ответ на вопрос: справиться ли система связи и РТО в период наибольшей нагрузки с поставленными задачами? Если нет, то каким образом обеспечить ее функционирование с требуемым качеством? При этом фрагментарно используемые на сегодняшний день информационные и расчетные задачи не всегда применимы.

Моделирование систем связи и РТО авиационных формирований должно осуществляться во всех звеньях управления с учетом функционирования всех взаимодействующих систем разведки, радиоэлектронного подавления и т.д. При разработке математических моделей систем связи и РТО необходимо учитывать возможность определения показателей характеризующих состояние безопасности полетов, качество авиационной радиосвязи с учетом применения существующих и перспективных средств связи, таких как терминалы объединённой системы навигации, опознавания и обмена данными и др.

Заключение

Таким образом, переход на новые принципы организации связи и РТО изменяет методику работы должностных лиц, определяет новые требования к профессиональной подготовке органов управления связью и РТО. Затраты на разработку и внедрение систем поддержки принятия решений органами управления связью и РТО, обеспечивающих математическое моделирование функционирования систем связи и РТО в различных условия обстановки, должны быть адекватны приросту эффективности работы органов управления, за счет их применения.

Список литературы

1. Автоматизированная система управления связью Вооруженных Сил Российской Федерации и приоритетные направления ее развития / Х. А. Арсланов [и др.] // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации. – Москва, 2016. – С. 17-20.

2. Современные проблемы организации связи в операциях ВС / И.Г. Воробьев // Сборник статей по материалам 6 Международной научно-технической конференции посвященной дню образования связи (8-9 ноября 2017 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017 - С. 182-183.

Моделирование некоторых статистических характеристик частично поляризованных волн в задаче распознавания радиолокационных объектов

Кононов А.Д., e-mail: kniga126@mail.ru
Кононов А.А., e-mail: kniga16@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *На основе анализа процесса деполяризации двумерного сигнала при отражении от объекта радиолокационного наблюдения рассматриваются вопросы моделирования и расчета некоторых статистических характеристик частично поляризованных волн, которые могут быть использованы для повышения эффективности радиолокационных систем различного назначения.*

Ключевые слова: *модель, распознавание, радиолокация, поляризация, квадратурные составляющие, статистические характеристики.*

Введение

Проблема обнаружения цели на фоне помех возникла вместе с появлением радиолокации и до сих пор является весьма актуальной [1,2]. Если на одну истинную цель приходится одна отвлекающая (ложная) цель, то эта ситуация может интерпретироваться как известная задача различения двух сигналов на фоне помех [3,4]. В ситуации, когда ложных целей, например, более десятка, принять правильное решение гораздо сложнее. Следует, однако, отметить, что наличие в контролируемом пространстве истинной и ложной целей, не отличающихся друг от друга формой, весом, материалом, температурными характеристиками, геометрией, эффективной поверхностью рассеяния, аэродинамикой и траекторным поведением, невозможно. То есть задача селекции искомого воздушного объекта опять сводится к его идентификации на фоне переизлучений и проблему обнаружения истинной цели среди маскирующих разделяющихся частей в первом приближении можно рассматривать как более традиционную задачу выделения информационного сигнала на фоне помех от ложных целей. Таким образом, в этом плане логично оперировать отношением сигнала, рассеянного на искомом радиолокационном (РЛ) объекте, к суперпозиции отражений от ложных целей – флуктуирующей

© Кононов А.Д., Кононов А.А., 2020

составляющей, маскирующей истинную цель и затрудняющей ее идентификацию.

1. Использование пространственно-временных характеристик электромагнитных волн

Целесообразным является применение поляризационных эффектов электромагнитных волн, так как двумерные сигналы обладают большими информационными возможностями по сравнению с линейно-поляризованными колебаниями [4]. Дополнительная информация об объектах распознавания, получаемая при анализе поляризационной структуры отраженных сигналов, позволяет повысить скорость поиска, сократить время принятия решения о принадлежности цели к определенному классу и повысить оперативность средств обороны или безопасности и надежности управления воздушным движением.

В связи с вышесказанным представляет интерес моделирование, анализ и расчет некоторых статистических характеристик двумерного сигнала, которые могут быть использованы для повышения эффективности радиоэлектронных средств различного назначения.

При построении математической модели обработки двумерного сигнала для системы распознавания РЛ объектов рассмотрим один из вариантов экспертной системы (основанный на применении методов поляризационной селекции для анализа поляризационной структуры любого двумерного колебания) – двухканальную поляризационно-фазовую систему, показанную на рис. 1.

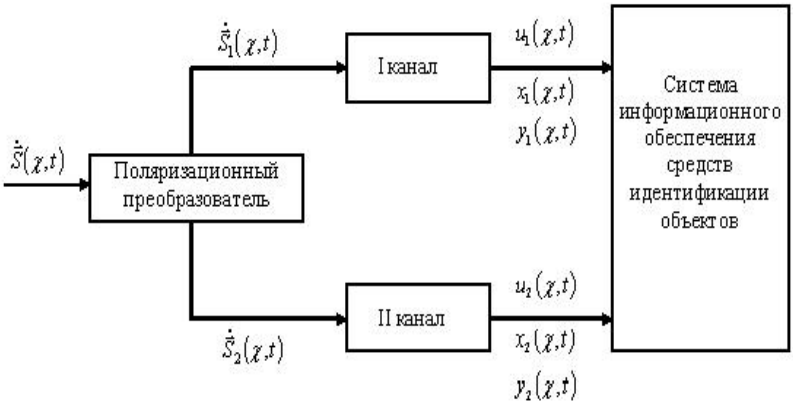


Рис. 1. Поляризационно-фазовая система идентификации объектов радиолокационного наблюдения

Отраженный от РЛ цели сигнал $\dot{\vec{S}}(\chi,t)$ представляет собой аддитивную смесь полезной и мешающей компонент

$$\dot{\vec{S}}(\chi,t)=\dot{\vec{S}}_a(\chi,t)+\dot{\vec{n}}(\chi,t),$$

поступающую на вход приемной антенны. При помощи поляризационного преобразователя смесь разделяется на две поляризационно-ортогональные компоненты $S_i(\chi,t)$, $(i=1,2)$, поступающие в каналы I и II.

В каждый из каналов входит квадратурная схема [4], при помощи которой поляризационные компоненты расщепляются на квадратурные составляющие $x_1(\chi,t)$, $y_1(\chi,t)$ и $x_2(\chi,t)$, $y_2(\chi,t)$, где χ – обобщенный параметр, зависящий от геометрии и размеров, физических и диэлектрических свойств объекта, направления распространения падающего и рассеянного полей, длины волны и так далее. Квадратурные составляющие принимаемого колебания попадают в систему информационного обеспечения и далее [5] в специализированное вычислительное устройство, после которого анализатор принимает решение по распознаванию целей. Можно полагать, что последовательность отраженных сигналов совместно с шумами (природными и внутренними шумами системы поляризационной селекции и помехой представляют собой для каждой из поляризационно-ортогональных компонент поля нормальный случайный процесс, который можно описать на выходе узкополосной системы в виде аддитивной смеси полезного сигнала $U_{ci}(\chi,t)$, шума $U_{ши}(t)$ и внешней помехи $U_{ni}(\chi,t)$:

При отражении от материальных объектов имеют дело с частично-поляризованными электромагнитными волнами, которые представляют собой суперпозицию многих лучей, рассеянных различными участками одного (или многих) отражающих элементов. Если же учесть, что селекция информационного сигнала от искомого объекта на фоне рассеяния электромагнитных волн от ложных целей происходит в условиях многолучевого распространения отраженных колебаний, то на вход приемной системы поступает суммарный сигнал с нормальным законом распределения ортогонально-поляризованных компонент.

2. Определение статистических характеристик поляризационно-ортогональных компонент

Будем полагать также, что центральная частота помехи ω_0 совпадает с частотой сигнала [1], а дисперсии разноименных

квадратурных составляющих каждой ортогонально-поляризованной компоненты полезного сигнала одинаковы (что справедливо и для помехи)

$$\left.\begin{aligned}\overline{x_{ci}^2(\chi,t)} = \overline{y_{ci}^2(\chi,t)} = \sigma_{ci}^2,\\ \overline{x_{ni}^2(\chi,t)} = \overline{y_{ni}^2(\chi,t)} = \sigma_{ni}^2.\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Так как полезный сигнал, помеха и шумы статистически независимы, и последние имеют нормальные законы распределения, то и квадратурные составляющие флуктуирующей части ортогонально поляризованных компонент суммарного сигнала $x_i(\chi,t)$ и $y_i(\chi,t)$ подчиняются нормальному распределению с дисперсиями [3,4]

$$\sigma_i^2 = \sigma_{ci}^2 + \sigma_{ni}^2 \quad (2)$$

Определим среднее значение квадрата интенсивности ортогонально поляризованных компонент суммарного сигнала $\overline{u_i^2(\chi,t)}$, численно равное мощности, развиваемой в единичной нагрузке

$$\overline{u_i^2(\chi,t)} = \lim_{T\to 0} 1/T \int_0^T u^2(\chi,t)dt. \quad (3)$$

Разделяя регулярные (р) и флуктуирующие (ф) компоненты, получим

$$\overline{u_i^2(\chi,t)} = \lim_{T\to 0} 1/2T \int_0^T \Big[x_{ci}^2(t) + y_{ni}^2(t) + x_{ni}^{p^2}(t) + y_{ni}^{p^2}(t) + x_{ci}^{\phi^2}(t) + y_{ci}^{\phi^2}(t) + x_{ni}^{\phi'^2}(t) + y_{ni}^{\phi'^2}(t)\Big]dt, \quad (4)$$

где T – время наблюдения; параметр χ, который является, в общем случае, функцией времени, в дальнейших выкладках также может быть опущен.

В случае, когда регулярные оставляющие [6] за время наблюдения остаются постоянными, выражение (4) можно представить равенством

$$\overline{u_i^2(\chi,t)} = \frac{1}{2}\left(E_{ci}^{p^2} + E_{ni}^{p^2}\right) + \sigma_{ci}^2 + \sigma_{ni}^2 \quad (5)$$

где $E_{ci}^p = \sqrt{x_{ci}^{p^2} + y_{ci}^{p^2}}$, $E_{ni}^p = \sqrt{x_{ni}^{p^2} + y_{ni}^{p^2}}$.

Степень флуктуации полезного сигнала γ_{ci} и помехи γ_{ni} удобно характеризовать соответствующими коэффициентами флуктуации,

которые представляют собой отношение регулярных составляющих сигнала и помехи к флуктуирующим составляющим

$$\gamma_{ci} = E_{ci}^{p} / \sqrt{2}\sigma_{ci} \tag{6}$$

$$\gamma_{ni} = E_{ni}^{p} / \sqrt{2}\sigma_{ni} \tag{7}$$

Их величина может изменяться от бесконечности (случай регулярного сигнала или регулярной помехи) до нуля (случай сильно флуктуирующего сигнала или помехи).

Дисперсия поляризационных компонент (2) с учетом (5), (6) и (7) может быть записана как

$$\sigma_i^2 = \overline{U_{ci}^2(t)} \Big/ \left(1 + \gamma_{ci}^2\right) + \overline{U_{ni}^2(t)} \Big/ \left(1 + \gamma_{ni}^2\right) \tag{8}$$

или

$$\sigma_i^2 = \sigma_{ni}^2 \left\{ \gamma_{ni} \left[(C/\Pi)_i^p + \left(1 + \gamma_{ci}^2\right) \Big/ \left(1 + \gamma_{ni}^2\right) \right] + \left[(C/\Pi)_i^{\phi} + \left(1 + \gamma_{ci}^2\right) \Big/ \left(1 + \gamma_{ni}^2\right) \right] \right\} \tag{9}$$

Отношение (С/П) определяется отношением регулярной составляющей полезного информационного сигнала к регулярной составляющей помехи $(C/\Pi)_i^p = \left(E_{ci}^p / E_{ni}^p\right)^2$, либо отношением флуктуирующей составляющей полезного сигнала к флуктуирующей составляющей помехи $(C/\Pi)_i^{\phi} = \sigma_{ci}^2 / \sigma_{ni}^2$.

Отсюда следует, что в общем случае дисперсия ортогонально поляризованных компонент суммарного частично поляризованного сигнала зависит от свойств полезного сигнала (величины γ_i^2), помехи (величины σ_n^2 и γ_n^2) и отношений сигнал/помеха $(C/\Pi)^p$ и $(C/\Pi)^{\phi}$. При детерминированном характере полезного сигнала $\left(\sigma_c^2 = 0, \gamma_c = \infty\right)$ дисперсия суммарного сигнала определяется дисперсией помехи

$$\sigma_i^2 = \sigma_{ni}^2 \tag{10}$$

В случае сильно флуктуирующего сигнала $\left(E_c^p = 0, \gamma_c = 0\right)$ отношение дисперсий (9) принимает вид (рис.2):

$$\sigma_i^2 = \sigma_{ni}^2 \left[1 + (C/\Pi)_i^{\phi} \Big/ \left(1 + \gamma_{ni}^2\right) \right] \tag{11}$$

При отсутствии регулярной составляющей помехи $\left(E_n^p = 0, \gamma_n = 0\right)$ выражение для дисперсии упрощается:

$$\sigma_i^2 = \sigma_{ni}^2 \left[1 + (C/\Pi)_i' \Big/ \left(1 + \gamma_{ci}^2\right) \right] \tag{12}$$

где $(C/\Pi)_i^{'} = \overline{U_i^2(t)} \big/ \sigma_{ni}^2$ – отношение среднего значения квадрата интенсивности полезного сигнала к дисперсии помехи.

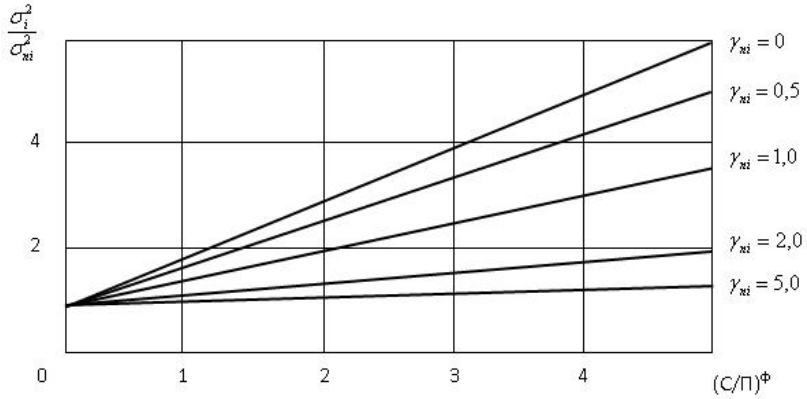


Рис. 2. Зависимость дисперсии сигнала от флуктуирующих составляющих

Каждая из рассмотренных ситуаций требует собственного оригинального программного обеспечения для специализированного вычислительного устройства [7,8], на основе рассчитанных вероятностных характеристик которого оперативно формируется пространство решений, и создается список приоритетов для каждой локационной цели.

Заключение

Анализ пространственно-временных характеристик частично поляризованных сигналов может быть полезным в решении задачи идентификации объектов РЛ наблюдения, а полученные результаты при наличии соответствующего программного обеспечения могут быть использованы при проектировании адаптивных систем автоматизации средств распознавания со встроенной аппаратурой поляризационной селекции для повышения эффективности радиоэлектронных систем различного назначения.

Список литературы

1. Тихонов, В.И. Сравнительный анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.

2. Сирота, А.А. Методические основы моделирования конфликта сложных систем / А.А. Сирота, Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов // Материалы XI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2011. – С. 27 – 31.

3. Алгазинов, Э.К. Методы адаптивной защиты летательных аппаратов от средств поражения с оптико-электронными системами наведения и основные принципы их компьютерного моделирования / Э.К. Алгазинов, Ю.Л. Козирацкий, А.А. Донцов // Материалы XV Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2015, – Т.1. – С. 176 – 181.

4. Поздняк, С.И. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн / С.И. Поздняк, В.А. Мелитицкий. – М.: «Сов. радио», 1974. – 480 с.

5. Гильмутдинов, В.И. Система эффективного интерфейса исходных данных с вычислительным устройством / В.И. Гильмутдинов, А.А.Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2018. – № 3(13). – С. 6 – 10.

6. Гильмутдинов, В.И. К вопросу использования пространственно-временных характеристик сигнала в системах передачи информации через магнитоактивную среду / В.И. Гильмутдинов, А.А.Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2019. – № 1(15). – С. 7 – 11.

7. Кононов, А.Д. Информационные технологии применения фазоразностных навигационных систем для управления движением группы мобильных объектов / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // Вестник ВГУ. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – №2. – С. 46 – 50.

8. Кононов, А.Д. Специализированное вычислительное устройство для реализации алгоритма управления мобильными объектами / А.Д. Кононов, А.А. Кононов, В.Н. Аникин // Материалы XIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», – Воронеж, 2013. – Т.2. – С. 179 – 183.

Разработка стандартов с использованием моделирования и информационных технологий

И.А. Копытин, e-mail: kopyt-igor@ya.ru
Л.Л. Гончар, e-mail: leogonchar@ya.ru
В.Г. Свиридов, К.А. Нуждин

ФГВКОУ ВО ВУНЦ «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж

Аннотация. *Рассмотрены возможности и основные этапы построения стандартов в автоматизированном режиме. Представлены модели описания качества, сходства и различий образцов продукции с целью создания стандарта, обладающего свойствами программного продукта.*

Ключевые слова: *проектирование стандартов, моделирование, нормативно-технические документы, нормирование показателей.*

Введение

Из всего комплекса задач, стоящих перед разработчиками стандартов, основными являются выбор номенклатуры и нормирование показателей качества продукции, а также формирование структуры и текста стандартов. Для их решения на базе микро-ЭВМ создается система автоматизированного проектирования стандартов. Такая система ориентирована на разработчика стандартов, обеспечивает для него доступ к локальным базам данных (БД) по свойствам продукции нормам НТД, типовым формулировкам стандартов, относящихся к исследуемым видам продукции, и имеет средства анализа информации и построения моделей, используемые в диалоговом режиме для подготовки и обоснования решений по стандартизации.

1. Разработка моделей

Широкое развитие в государственной системе стандартизации (ГСС) получают стандарты вида общих технических требований и общих технических условий с установлением перспективных требований к продукции. Действие таких стандартов распространяется на группы однородной продукции и определяет их развитие на длительный период. Поэтому нормы и требования, закладываемые в стандарты, должны быть всесторонне обоснованы и опираться на результаты научных исследований стандартизуемой продукции.

© Копытин И.А., Гончар Л.Л., Свиридов В.Г., Нуждин К.А. 2020

Основные проблемы нормирования показателей качества в стандартах связаны, во-первых, с тем, что устанавливаемый уровень качества продукции должен быть оптимальным на период действия стандарта, т.е. должен опережать уровень, достигнутый на момент его разработки, и, во-вторых, с отсутствием возможности экспериментально проверить воздействие норм стандарта на развитие продукции. Таким образом, необходимо не только обеспечить разработчиков стандартов всей необходимой информацией об объектах стандартизации, но и дать им методы, позволяющие анализировать последствия принятия тех или иных решений по стандартизации и отрабатывать различные варианты нормативного управления качеством продукции. Тем самым возникает объективная потребность в разработке методов моделирования.

В данном случае под моделированием понимается создание моделей, адекватно отображающих развитие стандартизуемых групп продукции и имитирующих механизм нормативного управления, с последующим проведением экспериментов на этой модели. Поскольку при стандартизации продукции принимается в расчет много разнообразных факторов, учесть все их в рамках единой модели не представляется возможным. Кроме того, не все задачи поддаются формализации и поэтому решающее слово при разработке стандартов принадлежит специалистам. В этой связи исследование объектов стандартизации целесообразно проводить с использованием достаточно простых, информационно-логических моделей, отображающих отдельные аспекты развития групп однородной продукции и позволяющих получать информацию, необходимую для принятия решений по стандартизации. Применение ЭВМ для моделирования и объединение таких моделей в систему вместе со средствами обработки информации позволяет автоматизировать некоторые этапы разработки стандартов. Подсистема формирования номенклатуры показателей включает ряд моделей, помогающих разработчику стандартов выбрать наиболее рациональную номенклатуру показателей разрабатываемого документа. Построение информационных моделей применяемости показателей и моделей формирования номенклатуры показателей в аналогичных документах осуществляется на основе анализа состава и структуры показателей, используемых в различных нормативно-технических, технических и информационных документах для описания свойств продукции. Модели взаимосвязи и динамики изменения показателей создаются по результатам анализа значений показателей множества образцов однородной продукции.

С помощью указанных моделей разработчику стандартов предоставляется возможность при выборе номенклатуры показателей совместно учитывать следующее:

частоту использования показателей в совокупности документов, относящихся к данному виду продукции;

количественный состав показателей в аналогичных документах и их классификационное деление по группам;

типичный состав показателей дня непересекающихся между собой групп документов, выделенных из всего множества по степени близости их номенклатур показателей;

совокупность независимых между собой показателей, имеющих существенные связи с остальными показателями из числа рассмотренных и, следовательно, способных в целом характеризовать основные свойства продукции;

показатели, характеризующие наиболее динамичные и, наоборот, наиболее стабильные свойства исследуемой продукции.

Подсистема нормирования показателей содержит средства для построения моделей отношения превосходства по уровню качества и моделей отношения сходства и различия между образцами продукции, моделей распределения значений отдельных показателей, и моделей тенденций развития продукции, а также диалоговые средства работы с этими моделями. Модели создаются на основе всестороннего анализа данных о значениях показателей качества множества образцов стандартизуемой продукции и их зарубежных аналогов, в также норм и требований стандартов на продукцию.

В модели отношения превосходства по уровню качества реализованы два метода установления отношения: на основе обобщенных показателей и на основе обобщенных отношений. В качестве обобщенных показателей используются комплексные средневзвешенные показатели качества. Исходным для второго метода является возможность установить отношение превосходства между исследуемыми образцами по каждому единичному показателю. На основе анализа отношений, полученных для всех показателей, может быть определено результирующее, обобщенное отношение превосходства по уровню качества.

С помощью построенной модели оказывается возможным упорядочивать рассматриваемое множество образцов продукции по уровню качества и выделять из них лучшие и худшие образцы. При этом разработчик стандартов имеет средства для варьирования критериев качества. Диапазоны изменения значений показателей совокупности худших образцов могут служить основой для определения нижних

границ норм стандартов. При необходимости установления жестких требований к уровню качества продукции и нормировании показателей 1-й и 2-й степени в стандартах перспективных требований целесообразно ориентироваться на диапазоны изменения значений показателей качества совокупности лучших образцов. Для разработчика стандартов: полезным является определение характеристик лучших и худших образцов, как из всего множества рассматриваемых образцов продукции, так и из его подмножеств, включающих только стандартизуемые образцы, и (или) образцы, находящиеся в стадии разработки, и (или) зарубежные аналоги данной продукции, поэтому в модели предусмотрена возможность получения соответствующих выборок.

Модель отношения сходства и различия между образцами однородной продукции позволяет получать разбиения всего исследуемого множества на классы образцов, близких между собой по совокупности значений показателей качества. В результате этого увеличивается соответствующая классификация продукции, которая может помочь разработчику проверить классификацию, принятую в стандарте, и уточнить сферу его действия.

Модель распределения значений отдельных показателей может быть использовала для исследования классификационных показателей качества, параметрических и типоразмерных рядов данной продукции. В модели реализуется метод построения гистограмм распределения и предусмотрена возможность сравнения распределений для отечественной и зарубежной, а также других групп продукции.

Последняя из моделей подсистема нормирования показателей устанавливает тенденции развития продукции и обеспечивает их сравнение для отечественной и зарубежной продукции. В ней реализуется методы линейной регрессии.

Для сравнения тенденций развитая групп продукции применяется метод, основанный на вычислении времени отставания или опережения одной группы от другой по значениям отдельных показателей.

Подсистема поиска информации предназначена для атрибутного и фактографического поиска информации в базах данных по свойствам продукции и нормам НТД. Поиск ведется по атрибутам: страна-изготовитель, фирма-изготовитель, марка продукции, год постановки ее на производство, присвоенная категория качества; значениям показателей качества, в том числе по значениям комплексных показателей. Получаемая при этом информация может быть использована для уточнения результатов моделирования и имитации механизма нормативного управления. В последнем случае, формулируя запрос на получение данных о продукции, значения показателей

качества которой удовлетворяют или, наоборот, не удовлетворяют требованиям разрабатываемого стандарта, можно проверить ограничивающее воздействие норм стандарта на номенклатуру разрабатываемой и выпускаемой продукции. Подобная процедура может быть многократно повторена в процессе отработки норм стандарта.

Заключительным этапом работы создаваемой системы является подготовка текста разрабатываемого документа. Для этого предназначена подсистема моделирования структуры стандартов, которая дает возможность разработчику стандарта, выбирая структуру будущего документа, формировать его текст на основе типовых формулировок, хранящихся в базе данных системы.

Заключение

Таким образом, рассмотрение принципов построения и возможностей использования отдельных моделей системы автоматизированного проектирования стандартов показывает, что она позволяет разработчику всесторонне обосновывать решения по выбору номенклатуры и нормированию показателей качества стандарта и отрабатывать их на моделях, а также формировать текст стандарта на основе типовых формулировок. Дальнейшее развитие системы связано с наращиванием средств моделирования и обеспечением функционального единства отдельных подсистем.

Список литературы

1. Колтунов В.В., Кузнецова И.А. Технология разработки стандартов и нормативных документов: учебное пособие./ В.В. Колтунов, И.А Кузнецова – М.: КНОРУС, 2018.-208с.

2. Мещеряков В.А. Теория измерений. / В.А. Мещеряков, Е.А. Бедееве, Т.И Мурашкина.–М.: Высшая шк., 2007.-151с.

Специализированный программный блок для автоматизации задач проведения экспертизы нормативных правовых актов или их проектов

С. Б. Краюхин, e-mail:serega.krayuhin@yandex.ru[1]
В. В. Алексеев, e-mail: vvalex1961@mail.ru[2]
Р. П. Никитин, e-mail: nauchajarota@yandex.ru[1]

[1] в/ч 61460
[2]Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В рамках проведенного анализа применяемых программных средств, направленных на повышение эффективности реализации мероприятий по мониторингу, контролю, выявлению и учёту правонарушений было выявлено отдельное направление, для которого был разработан специализированный программный блок.*

Ключевые слова: *среда программирования, антикоррупционная экспертиза, программный блок, информационный поток.*

Введение

Обеспечение соответствия локальных нормативный правовых актов федеральному законодательству и Конституции РФ на каждом из этапов развития государства являлось важной задачей по улучшению работы государственного аппарата, более эффективному расходованию бюджетных средств, развитию честной конкуренции в реальном секторе экономике и проведению ряда мероприятий по взаимодействию с гражданами и организациями гражданского общества.

В соответствии с Федеральным законом от 25.12.2008 № 273-ФЗ «О противодействии коррупции» в каждой ветви государственной власти были предусмотрены свои механизмы противодействия данному негативному явлению.

В свою очередь, организация деятельности по противодействию коррупции обусловлена большим количеством потоков информации, которые приходится обрабатывать сотрудникам различных государственных ведомств. Работа с информацией – процесс трудоёмкий и долговременный. Одним из средств, позволяющих снизить трудозатраты на рутинную бумажную работу, а также повысить её качество и продуктивность, является автоматизация с помощью современных информационных технологий.

© Краюхин С. Б., Алексеев В. В., Никитин Р. П., 2020

Однако развитие самих информационных технологий ведёт к появлению локальных нормативных правовых актов, содержание которых не всегда соответствует Конституции РФ и федеральному законодательству.

Анализ применяемых программных средств, направленных на повышение эффективности реализации мероприятий по мониторингу, контролю, выявлению и учёту правонарушений позволил определить те направления деятельности, где автоматизация определенных функций отсутствует. В частности к такому направлению следует отнести антикоррупционную экспертизу нормативных правовых актов (далее - НПА) или их проектов. Учитывая высокую эффективность данного направления, реализуемую во всех органах государственной власти, был разработан программный блок, позволяющий систематизировать, а главное упростить процесс составления заключений и заполнения процессуальных документов по итогам проведённой антикоррупционной экспертизы.

1. Создание программного блока

Разработка программного блока для автоматизации задач проведения антикоррупционной экспертизы нормативных правовых актов или их проектов подразумевает, прежде всего, создание базы данных (далее – БД), которая будет разработана с помощью системы управления базами данных (далее – СУБД) MS Access, и оболочки программного блока. Она будет создана в среде программирования Delphi.

Основным источников, ядром, создаваемого программного блока будут являться результаты мониторинга правонарушений. В данном случае, блок создан на примере антикоррупционной экспертизы НПА, а так же шаблоны актов процессуального реагирования по итогам проведенной экспертизы.

Таблицы в MS Access представляют собой совокупности однородных записей. Запись – это совокупность нескольких разнородных полей, описывающая некоторую сущность предметной области. В свою очередь, поле является минимальным элементом базы данных. Каждое поле характеризуется именем и типом хранящихся в нём данных [2].

Программный блок представлен 4 таблицами. С целью быстрой ориентации пользователя в большом количестве информации по направлениям деятельности отдела при поиске и установлении необходимых данных, таблицы будут взаимосвязаны.

С целью предупреждения неправомерного или случайного доступа к информации рассмотренных таблиц, с целью уничтожения, изменения,

блокирования, копирования, предоставления, распространения данных, а также от иных неправомерных действий, база данных программного блока защищена паролем. Любое обращение оболочки программы к базе данных будет требовать введения данного пароля.

Оболочка программы представлена 10 объектами, один из которых является модулем данных и обеспечивает прямое взаимодействие пользователя с базой данных.

На форме модуля данных DataModule расположены компоненты TADOConnection, TDataSource, а так же TADOQuery. В связи с тем, что изменения свойств данных компонентов может привести к прекращению работы всей автоматизированной системы, форма DataModule скрыта от пользователя.

Каждая форма содержит в себе панель инструментов и кнопок, с помощью которых производится работа с программой.

Основными компонентами применяемых форм являются DBLookup, DBComboBox, DBEdit, DBMemo, TBitBtn, DBNavigator.

Удобство предлагаемого программного блока заключается в том, что для заполнения процессуальных документов достаточно внести данные в соответствующие строки форм программы. Так, объект «Регистрация» предназначается, для ввода данных об органе или должностном лице, издавшем НПА, реквизиты НПА и основания проведения экспертизы. Введённая при регистрации информация, будет сразу сохраняться в базе данных и в дальнейшем автоматически заноситься в необходимые поля шаблона процессуального документа.

При проведении анализа норм НПА большую помощь окажет объект «Таблица», предназначенный для внесения замечаний и конкретных выдержек из исследуемого НПА, имеющих сходство либо конкретно указывающих на наличие коррупциогенного фактора.

Следует отметить, что для помощи в проведении объективной и обоснованной экспертизы, в комплекс внесены объекты «Методика», «Судебная практика» и «Рекомендации».

Результаты проведённой экспертизы отражаются в заключении, в котором указывается о наличии либо отсутствии выявленных коррупциогенных факторов. Функция «Заключение» облегчит составление соответствующего документа, посредством использования базы данных, содержащей информацию о документе, принявшем его органе, сотруднике, проводившим экспертизу, а так же результатах выявления коррупциогенных актов.

В случае выявления коррупциогенных факторов, сотрудник выносит требование (или иной предусмотренный государственным органом процессуальных документ) об изменении нормативного

правового акта с предложением способа устранения выявленных факторов. В объекте программы «Акты реагирования» на основании имеющегося шаблона и базы данных можно подготовить соответствующий акт реагирования в формате «.doc». (рис. 1)

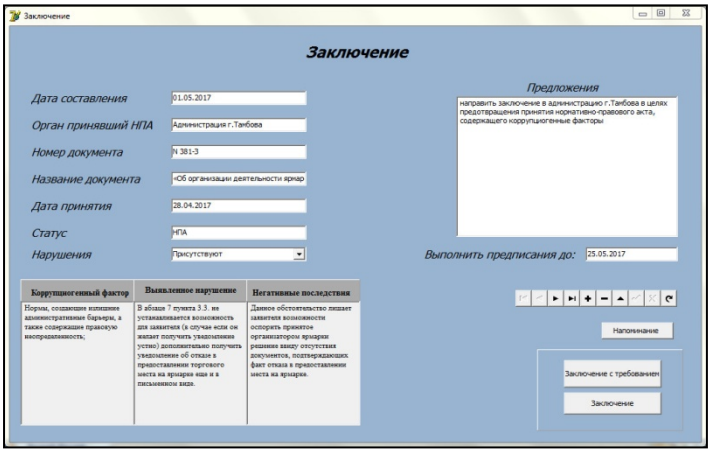


Рис. 1. Рабочая область форсы «Заключение»

Аналогичным образом, возможно составление заявлений в суд об оспаривании НПА, административных исковых заявлений, обязывающих провести антикоррупционную экспертизу, а так же актов реагирования о привлечении к ответственности лица, издавшего исследуемый НПА.

Следует отметить и опцию программы – «Напоминание», сообщающую уполномоченному сотруднику о текущих сроках исполнения требования.

По результатам заполнения программного блока будет формироваться архив, содержащий все процессуальные документы по проведённой экспертизе, которые можно будет сохранять в различных форматах, а при необходимости редактировать в данной программе.

Заключение

Таким образом, программный блок «Антикоррупционная экспертиза прокурора» может стать хорошим помощником сотрудника прокуратуры при составлении определённых процессуальных документов, их систематизации и учёте. «Узкая» направленность, понятность и простота использования комплекса позволят качественно дополнить уже существующие программные средства,

автоматизирующие работу прокуратуры. Поэтому разумно предположить, что предлагаемый программный блок как самостоятельно, так и при совместной работе с другими АРМ сможет повысить эффективность выполнения надзорной и правозащитной деятельности.

Список литературы

1. Род Стивенс. Delphi. Готовые алгоритмы [Электронный ресурс] / Род Стивенс. – Саратов: Профобразование, 2017. – 384 c. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63812.html. – ЭБС «IPRbooks».

2. Рубанцев, В. Delphi в примерах, играх и программах / В. Рубанцев. – М.: Я + R, 2011. – 418 с.

3. Швецов,.И. Базы данных [Электронный ресурс] / В.И. Швецов. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 218 c. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/52139.html. – ЭБС «IPRbooks».

Интегрирование 7-мерных алгебр Ли с использованием символьных вычислений

В. В. Крутских, email: krutskihvlad@mail.ru
А. В. Лобода, email: lobvgasu@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработан и реализован компьютерный алгоритм решения многопараметрических систем дифференциальных уравнений в частных производных, отвечающих 7-мерным алгебрам Ли полиномиальных векторных полей в 4-мерном комплексном пространстве.*

Ключевые слова: *Алгебра Ли, векторное поле, интегральная поверхность, система уравнений в частных производных.*

Введение

В данной работе изучается задача, связанная с описанием однородных вещественных гиперповерхностей в четырехмерном комплексном пространстве. В отличие от аналогичных работ [1-3], посвященных 5-мерным алгебрам Ли, мы рассматриваем 7-мерные алгебры. Реализация их в виде алгебр голоморфных векторных полей в 4-мерном комплексном пространстве приводит к гораздо большим техническим сложностям по сравнению с [1-3].

В частности, оказывается практически невозможным решение «ручным» способом систем дифференциальных уравнений в частных производных с полиномиальными коэффициентами, отвечающих данным алгебрам. При этом в перспективе ставится цель описания и решения подобных систем, например, для всей совокупности 7-мерных алгебр Ли.

Отметим, что согласно [4], лишь нильпотентных неразложимых 7-мерных алгебр Ли имеется 149 типов. Все это подталкивает к максимальной «компьютеризации» изучаемой задачи об однородности.

1. Постановка задачи

В данной работе решается задача получения явных уравнений интегральных поверхностей для трех семейств однопараметрических алгебр Ли, обозначенных в соответствии с работой [4] через $1357QRS_1$, $1357S$, $147E_1(\lambda$ – вещественный параметр). Ранее авторами работы были получены (совместно с Акопян Р.С.) реализации данных алгебр в

© Крутских В. В., Лобода А. В., 2020

виде алгебр голоморфных векторных полей в 4-мерном комплексном пространстве. Базисные поля семейства $1357QRS_1$ имеют в координатной форме следующий вид ($\mathrm{Im}\{B_3\}\neq 0,\ \mathrm{Im}\{C_5\}\neq 0,$):

$$\begin{aligned} &e_1:(1,0,-z_2,0),\ e_2:(-\lambda C_5, B_3 z_1+B_2, c_2, d_2),\\ &e_3:(0,B_3,(C_5-B_3)z_1+C_3, z_1^2/2+D_5 z_1+(\lambda-1)z_2+D_3),\\ &e_4:(0,1,0,0),\ e_5:(0,0,C_5, z_1+D_5),\\ &e_6:(0,0,1,0),\ e_7:(0,0,0,1), \end{aligned} \tag{1}$$

где

$$\begin{aligned} c_2&=(C_5-2B_3)z_1^2/2+(C_3-B_2)z_1-C_5 z_2+C_2,\\ d_2&=z_1^3/6+D_5 z_1^2/2+D_3 z_1-(z_1+D_5)z_2-\lambda z_3+D_2. \end{aligned} \tag{2}$$

(здесь и далее c_2 и d_2 – голоморфные функции своих аргументов, $A_k,\ D_k,\ C_k,\ D_k$ – комплексные константы).

Также на эту реализацию есть два ограничения (условия):

$$\begin{aligned} &-\lambda C_5(C_5-B_3)+B_3C_5=-1,\\ &-\lambda C_5 D_5+B_2(\lambda-1)+B_3 D_5+\lambda C_3=0. \end{aligned} \tag{3}$$

Базисные поля семейства $1357S$ ($\mathrm{Im}\{A_2\}\neq 0,\ \mathrm{Im}\{B_3\}\neq 0,\ \mathrm{Im}\{B_3\}\neq 0$):

$$\begin{aligned} &e_1:(1,0,0,-z_3),\ e_2:(A_2, B_3 z_1+B_2, c_2, d_2),\\ &e_3:(0,B_3, C_5 z_1+C_3,(1-2C_5)z_1^2/2+(D_5-C_3)z_1-z_2+D_3),\\ &e_4:(0,1,0,0),\ e_5:(0,0,C_5,(1-C_5)z_1+D_5),\\ &e_6:(0,0,1,0),\ e_7:(0,0,0,1), \end{aligned} \tag{4}$$

где

$$\begin{aligned} c_2&=C_5 z_1^2/2+C_3 z_1-z_2+C_2,\\ d_2&=(1-3C_5)z_1^3/6+(D_5-2C_3)z_1^2/2+(D_3-C_2)z_1-\lambda z_3+D_2. \end{aligned} \tag{5}$$

Условия:

$$\begin{aligned} &A_2(1-C_5)+\lambda C_5=1,\ A_2C_5+B_3=1,\\ &A_2(D_5-C_3)-B_2+\lambda C_3=0. \end{aligned} \tag{6}$$

Базисные поля семейства $147E_1$ ($\mathrm{Im}\{B_3\}\neq 0,\ \mathrm{Im}\{C_5\}\neq 0,$):

$$
\begin{aligned}
&e_1 : (1,0,0,\lambda z_3),\ e_2 : (-C_5, z_1 + B_2, C_2, \lambda C_2 z_1 - 2z_3 + D_2),\\
&e_3 : (0, B_3, -z_1 + C_3, -\lambda z_1^2 / 2 + \lambda C_3 z_1 + 2z_2 + D_3),\\
&e_4 : (0,1,0,0),\ e_5 : (0,0,C_5,\lambda C_5 z_1 + D_5),\\
&e_6 : (0,0,1,0),\ e_7 : (0,0,0,1),
\end{aligned}
\tag{7}
$$

Условия:

$$
\begin{aligned}
&-\lambda C_5^2 + 2C_5 = \lambda,\\
&-\lambda C_3 C_5 + 2(B_2 + C_3) = D_5.
\end{aligned}
\tag{8}
$$

Относительно несложными рассуждениями можно показать, что все искомые уравнения поверхностей являются алгебраическими уравнениями не более чем 4-й степени, но получить их явный вид возможно только с использованием компьютерных символьных вычислений.

2. Системы уравнений в частных производных

Интегральная поверхность, отвечающая любой такой алгебре, касается всех ее базисных полей. Условие касания записывается следующим образом:

$$
\mathrm{Re}\{e_k(\Phi)|_M\} \equiv 0,\ k = \overline{1,7},\ M = \{\Phi = 0\}. \tag{9}
$$

Замечание 1. Комплексные переменные будем представлять в виде $z_k = x_k + iy_k$, $k = \overline{1,4}$, а константы в виде $C_n = c_{n1} + ic_{n2}$.

Замечание 2. В обсуждаемой задаче достаточно искать определяющую функцию в виде $\Phi = -y_4 + F(x_1, y_1, y_2, y_3)$.

Отметим еще, что простой вид полей e_4, e_6, e_7 говорит о том, что определяющая функция не будет зависеть от трех переменных $x_2 = \mathrm{Re}\{z_2\}$, $x_3 = \mathrm{Re}\{z_3\}$, $x_4 = \mathrm{Re}\{z_4\}$. В итоге можно выписать системы уравнений в частных производных, отвечающие всем трем обсуждаемым семействам. С учетом достаточно громоздких формул, задающих полиномиальные базисные поля, и необходимости безошибочного выполнения не сложных (но в большом количестве!) операций, связанных с этими полиномами, даже такое выписывание систем целесообразно производить в пакете символьных вычислений.

В вещественных переменных система, отвечающая, например, алгебрам семейства $1357QRS_1$, содержит два простых уравнения, одно – относительно простое и одно – достаточно сложно устроенное. В целом эта система имеет вид:

$$
\begin{aligned}
&\frac{\partial F}{\partial x_1} - y_2 \frac{\partial F}{\partial y_3} = 0,\\
&-\lambda c_{51} \frac{\partial F}{\partial x_1} - \lambda c_{52} \frac{\partial F}{\partial y_1} + (b_{31} y_1 + b_{32} x_1 + b_{22}) \frac{\partial F}{\partial y_2} -\\
&-(-(-b_{32} + \frac{1}{2} c_{52})(x_1^2 - y_1^2) - 2(-b_{31} + \frac{1}{2} c_{51}) x_1 y_1 +\\
&+(b_{21} - c_{31}) y_1 + (b_{22} - c_{32}) x_1 + c_{51} y_2 + c_{52} x_2 - c_{22}) \frac{\partial F}{\partial y_3} =\\
&= \frac{1}{2} x_1^2 y_1 - \frac{1}{6} y_1^3 + \frac{1}{2} d_{52} (x_1^2 - y_1^2) + d_{51} x_1 y_1 + d_{31} y_1 + d_{32} x_1 -\\
&-d_{51} y_2 - d_{52} x_2 - x_1 y_2 - x_2 y_1 - \lambda y_3 + d_{22},\\
&b_{32} \frac{\partial F}{\partial y_2} - ((b_{31} - c_{51}) y_1 + (b_{32} - c_{52}) x_1 - c_{32}) \frac{\partial F}{\partial y_3} =\\
&= d_{51} y_1 + d_{52} x_1 + (\lambda - 1) y_2 + y_1 x_1 + d_{32},\\
&c_{52} \frac{\partial F}{\partial y_3} = y_1 + d_{52}.
\end{aligned}
\tag{10}
$$

Можно отметить, что команда pdsolve пакета Maple, примененная ко всей этой системе, не дает ее решения (как и остальных рассматриваемых здесь систем).

В связи с этим был использован комбинированный алгоритм решения такого рода систем.

3. Комбинированный алгоритм решения систем ДУЧП

Мы используем пошаговое решение (в пакете Maple) отдельных уравнений этих систем с последующим упрощением и уточнением оставшихся уравнений. При таких уточнениях учитываются, например, условия на коэффициенты и другие моменты, трудно формализуемые в пакетах символьных вычислений.

Опыт авторов показывает, что работу с комбинациями комплексных и вещественных переменных в пакете Maple удобнее переводить на использование только вещественных переменных, причем при постоянных проверках в ручном режиме текущих вычислений. Отметим, что вместо предварительного описания типов используемых переменных для этого проще использовать команду evalc, не требующую таких описаний.

К примеру, рассмотрим решение системы, отвечающей семейству $1357QRS_1$. Выписанные условия на комплексные коэффициенты этого

семейства в пересчете на вещественные и мнимые части выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned}
&(\lambda+1)b_{31}c_{51}-(\lambda+1)b_{32}c_{52}-\lambda c_{51}^2+\lambda c_{52}^2=-1,\\
&(\lambda+1)b_{31}c_{52}+(\lambda+1)b_{32}c_{51}-2\lambda c_{51}c_{52}=0,\\
&-\lambda c_{51}d_{51}+\lambda c_{52}d_{52}+(\lambda-1)b_{21}+b_{31}d_{51}-b_{32}d_{52}+\lambda c_{31}=0,\\
&-\lambda c_{51}d_{52}-\lambda c_{52}d_{51}+(\lambda-1)b_{22}+b_{31}d_{52}+b_{32}d_{51}+\lambda c_{32}=0.
\end{aligned} \tag{11}$$

Далее поочередно (ручным выбором) решаются отдельные уравнения выписанной системы. Например, самое простое (последнее) из них легко решается как в ручном режиме, так и с помощью команды pdsolve:

$$F(x_1,y_1,y_2,y_3)=\frac{(d_{52}+y_1)y_3}{c_{52}}+\_F_1(x_1,y_1,y_2). \tag{12}$$

После подстановки полученного решения в оставшиеся уравнения (команда pdetest) в системе останется три уравнения, два из которых содержат по одной частной производной и являются относительно простыми:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial_F_1}{\partial x_1}=\frac{(y_1+d_{52})y_2}{c_{52}},\\
&-\lambda c_{51}\frac{\partial_F_1}{\partial x_1}-\lambda c_{52}\frac{\partial_F_1}{\partial y_1}+(b_{31}y_1+b_{32}x_1+b_{22})\frac{\partial_F_1}{\partial y_2}=\\
&=\frac{1}{c_{52}}((c_{52}d_{51}+2b_{31}d_{52}-c_{51}d_{52}+b_{22}-c_{32})x_1y_1+(2b_{31}-c_{51})x_1y_1^2+\\
&+b_{32}x_1^2y_1-c_{52}x_1y_2+c_{51}y_1y_2+b_{32}d_{52}x_1^2+(c_{52}d_{32}+b_{22}d_{52}-c_{32}d_{52})x_1+\\
&+(\frac{1}{3}c_{52}-b_{32})y_1^3+(b_{21}-c_{31}-b_{32}d_{52})y_1^2+\\
&+(c_{52}d_{31}+b_{21}d_{52}-c_{31}d_{52}-c_{22})y_1+\\
&+(c_{51}d_{52}-c_{52}d_{51})y_2+d_{22}c_{52}-c_{22}d_{52}),\\
&b_{32}\frac{\partial_F_1}{\partial y_2}=\frac{1}{c_{52}}(-(c_{51}-b_{31})y_1^2-(c_{51}d_{52}-b_{31}d_{52}-c_{52}d_{51}+c_{32})y_1+\\
&+(\lambda-1)c_{52}y_2+b_{32}d_{52}x_1+b_{32}x_1y_1-c_{32}d_{52}+c_{52}d_{32}).
\end{aligned} \tag{13}$$

Но третье уравнение уже является весьма громоздким, и «удержать» его в точной форме возможно только в памяти компьютера.

Продолжая аналогичные действия, мы получим в итоге одно единственное уравнение и несколько промежуточных результатов. Имеем следующие промежуточные результаты:

$$
\begin{aligned}
&\_F_1(x_1, y_1, y_2) = \frac{x_1 y_2 (y_1 + d_{52})}{c_{52}} + \_F_2(y_1, y_2),\\
&\_F_2(y_1, y_2) = \frac{(b_{31} - c_{51}) y_1^2 y_2 + (b_{31} d_{52} - c_{51} d_{52} + c_{52} d_{51} - c_{32}) y_1 y_2}{c_{52} b_{32}} + \\
&+ \frac{+\frac{1}{2} c_{52} (\lambda - 1) y_2^2 + (c_{52} d_{32} - c_{32} d_{52}) y_2}{c_{52} b_{32}} + \_F_3(y_1).
\end{aligned}
\tag{14}
$$

В таком случае последнее уравнение имеет вид:

$$
\begin{aligned}
&-\lambda c_{52} \frac{d\_F_3}{dy_1} = \frac{1}{c_{52} b_{32}} ((b_{31} c_{51} + b_{32} c_{52} - b_{31}^2 - b_{32}^2) y_1^3 + \\
&+ (b_{31} c_{51} d_{52} - b_{31} c_{52} d_{51} - b_{31}^2 d_{52} - b_{32}^2 d_{52} + b_{21} b_{32} - \\
&- b_{22} b_{31} + b_{22} c_{51} + b_{31} c_{32} - b_{32} c_{31}) y_1^2 + \\
&+ (\lambda b_{31} c_{52} + \lambda b_{32} c_{51} - 2\lambda c_{51} c_{52} + b_{31} c_{52} + b_{32} c_{51}) y_1 y_2 + \\
&+ (b_{21} b_{32} d_{52} - b_{22} b_{31} d_{52} + b_{22} c_{51} d_{52} - b_{22} c_{52} d_{51} + b_{31} c_{32} d_{52} - \\
&- b_{31} c_{52} d_{32} - b_{32} c_{31} d_{52} + b_{32} c_{52} d_{31} + b_{22} c_{32} - b_{32} c_{22}) y_1 + \\
&+ (\lambda b_{31} c_{52} d_{52} + \lambda b_{31} c_{51} d_{52} - \lambda c_{51} c_{52} d_{52} + \lambda c_{52}^2 d_{51} - \\
&- \lambda b_{22} c_{52} + b_{32} c_{51} d_{52} - b_{32} c_{52} d_{51} - \lambda c_{32} c_{52} + b_{22} c_{52}) y_2 + \\
&+ b_{22} c_{32} d_{52} - b_{22} c_{52} d_{32} - b_{32} c_{22} d_{52} + b_{32} c_{52} d_{22})
\end{aligned}
\tag{15}
$$

Его правая часть формально зависит от «лишней» переменной y_2. Эта переменная удаляется из уравнения за счет использования связей между условиями (11) и выражениями для коэффициентов при переменной y_2.Однако формализовать в пакете Maple ее исключение достаточно сложно, так что эта часть решения задачи реализуется «вручную».

В итоге последнее уравнение системы является обыкновенным дифференциальным уравнением первого порядка с разделяющимися переменными. Его решением является полиномиальная функция 4-й степени.

$$
\begin{aligned}
&\_F_3(y_1) = \frac{1}{\lambda c_{52}^2 b_{32}}\Big(\frac{1}{4}(b_{31}c_{51} + b_{32}c_{52} - b_{31}^2 - b_{32}^2)y_1^4 + \\
&+\frac{1}{3}(b_{31}c_{51}d_{52} - b_{31}c_{52}d_{51} - b_{31}^2 d_{52} - b_{32}^2 d_{52} + b_{21}b_{32} - \\
&-b_{22}b_{31} + b_{22}c_{51} + b_{31}c_{32} - b_{32}c_{31})y_1^3 + \\
&+\frac{1}{2}(b_{21}b_{32}d_{52} - b_{22}b_{31}d_{52} + b_{22}c_{51}d_{52} - b_{22}c_{52}d_{51} + b_{31}c_{32}d_{52} - \\
&-b_{31}c_{52}d_{32} - b_{32}c_{31}d_{52} + b_{32}c_{52}d_{31} + b_{22}c_{32} - b_{32}c_{22})y_1^2 + \\
&+(b_{22}c_{32}d_{52} - b_{22}c_{52}d_{32} - b_{32}c_{22}d_{52} + b_{32}c_{52}d_{22})y_1\Big).
\end{aligned}
\tag{16}
$$

В итоге решением системы будет объединение формул (12), (14) и (16). Важным теоретическим моментом, который обнаруживается после компьютерного решения системы, является подтверждение полиномиального характера этого решения. В целом решение системы, отвечающей семейству $1357QRS_1$, имеет вид $y_4 = F(x_1, y_1, y_2, y_3)$ с функцией F, представляющей собой многочлен от 4-х вещественных переменных. Его коэффициенты в этом случае (как и для двух других семейств) зависят рациональным образом от 15 вещественных параметров. Для семейства $1357QRS_1$ такой многочлен содержит 41 слагаемое. Ясно, что исключения переменных и частичные упрощения промежуточных функций, получаемых в процессе решения уравнений системы возможны, но также трудно формализуемы.

На заключительном этапе поиска интегральных поверхностей полученные сложно устроенные функции удается упростить (в ручном режиме) за счет использования допустимых замен координат и приведения полученных полиномиальных уравнений к канонической форме.

Часть коэффициентов таких полиномов при этом оказывается несущественной, однако не представляется возможным сказать заранее: какие именно коэффициенты окажутся несущественными?

Заключение

Реализованный с использованием пакета Maple алгоритм решения трех систем уравнений в частных производных позволил получить их полные решения.

Приведение полученных полиномиальных решений к канонической форме дает полное решение поставленной задачи в виде следующих уравнений интегральных поверхностей для всех трех семейств алгебр Ли (в наиболее интересной несферической части):

$1357QRS_1$: $y_4 = y_1y_3 + y_2^2 + x_1y_1y_2 + Dy_1^4,\ D \neq \frac{1}{12}$;

$1357S$: $y_4 = y_1y_3 + y_2^2 + y_1^2y_2 + Dy_1^4,\ D \neq \frac{1}{12}$;

$147E_1$: $y_4 = y_1y_3 + y_2^2 + y_1^2y_2 + \frac{1}{4}y_1^4$.

Достигнутый результат позволяет рассчитывать на возможность использования компьютерных технологий при получении описаний более широкого круга объектов в обсуждаемой многомерной математической задаче.

Список литературы

1. Лобода, А. В. Голоморфно однородные поверхности в C3 и классификация 5-мерных алгебр Ли / А. В. Лобода // Современные методы и проблемы математической гидродинамики – 2019: материалы международной научной конференции (Воронеж, 3-8 мая 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 104-115.
2. Акопян, Р. С. О голоморфных реализациях нильпотентных алгебр Ли / Р. С. Акопян, А. В. Лобода // Функц. анализ и его прил. – Москва, 2019. – Т. 53:2. – С. 59-63.
3. Крутских, В. В. Алгебры Ли нелинейных векторных полей/ В. В. Крутских, А. В. Лобода // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – 2019. – С. 105-110.
4. Gong, M.-P. Classification of Nilpotent Lie Algebras of Dimension 7 (Over Algebraically Closed Fields and R) / M.-P. Gong – University of Waterloo, 1998. – 165 с.
5. Дьяконов, В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании/ В. П. Дьяконов – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 720с.

Алгоритмические модели учета метеоусловий в процессе поиска и обнаружения наземных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов

И. Е. Кузнецов, email: strashko57@yandex.ru
А. А. Кузнецов, О. В. Страшко, Н. А. Нижников

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж, Россия, 394064

Аннотация. *В статье предлагаются алгоритмические модели процесса поиска и обнаружения наземных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов в сложных метеорологических условиях, учитывающие влияние метеорологических элементов на показатели качества ведения воздушной разведки.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, продолжительность поиска, воздушная разведка, сложные метеорологические условия.*

Введение

В настоящее время для выполнения оперативных задач различными министерствами и ведомствами широко используются беспилотные летательные аппараты (БпЛА) с соответствующей бортовой аппаратурой [1].

Одним из факторов, влияющих на качество их применения, являются метеорологические условия. Отсутствие их целенаправленного учета при планировании применения БпЛА приводит к тому, что в процессе поиска и обнаружения наземных объектов оператор БпЛА зачастую сталкивается с необходимостью прекратить полетное задание или изменить маршрут полета. При этом возможен срыв выполнения задачи или же потеря БпЛА [2]. Для решения этой проблемы предлагается построить алгоритмические модели учета влияния метеорологических условий, основанные на вероятностно-стохастическом подходе, и позволяющие выбрать рациональный вариант применения БпЛА на этапе принятия решения о его вылете.

Таким образом, целью работы стало повышение качества применения БпЛА при решении оперативных задач различными организациями и ведомствами путем учета метеоусловий в районах

© Кузнецов И. Е., Кузнецов А. А., Страшко О. В., Нижников Н. А., 2020

выполнения задач, влияющих на функционирование БпЛА. Вербально постановку задачи исследования определим следующим образом.

1. Модель учета метеоусловий в процессе поиска и обнаружения наземных объектов одиночным беспилотным летательным аппаратом

Пусть в район расположения цели БпЛА выводится при помощи бортового навигационного оборудования с некоторой ошибкой l, величина которой определяется точностными характеристиками навигационного комплекса. На расстоянии максимальной видимости в районе цели L_0, как это представлено на рисунке 1, оператор БпЛА начинает поиск цели путем последовательного просмотра участков шириной b, расположенных в общей полосе поиска цели шириной B. При этом, величина b определяется углом поля зрения 2φ, и дальностью до объекта L [3].

После некоторого числа просмотров оператор обнаруживает цель, при этом расстояние до нее равно L. Данное расстояние в момент обнаружения объекта является случайной величиной, зависящей, в том числе, и от метеоусловий.

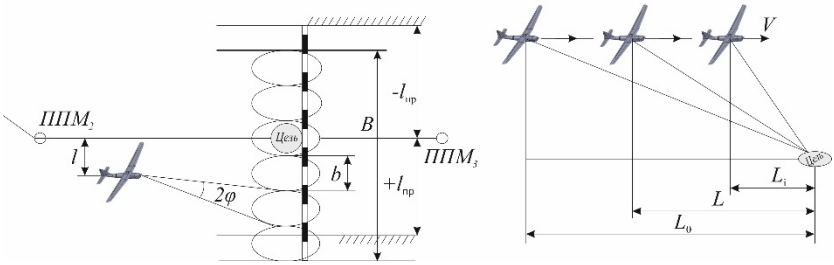


Рис. 1. Схема поиска и обнаружения наземной цели с использованием беспилотных летательных аппаратов

Требуется определить функцию распределения дальности обнаружения наземного объекта $P_{\text{му}}(L)$, которая связывает вероятность обнаружения цели оператором БпЛА со случайной величиной дальности ее обнаружения L и метеоусловиями.

Перейдем к решению поставленной задачи.

Пусть $\overline{P}(t_{\text{н}})$ и $\overline{P}(\Delta t_{\text{н}})$ – вероятности необнаружения объекта к моменту времени $t_{\text{н}}$ и за время $\Delta t_{\text{н}}$. Время $t_{\text{н}}$ соответствует

продолжительности наблюдения оператором БпЛА объекта, а $\Delta t_{\text{н}}$ составляет малый промежуток времени наблюдения за объектом.

В рассмотренной формулировке вероятность необнаружения цели за промежуток времени $t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{н}}$ можно определить как [3]:

$$\overline{P}\left(t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{н}}\right) = \overline{P}\left(t_{\text{н}}\right)\overline{P}\left(\Delta t_{\text{н}}\right), \quad (1)$$

Допустим, что вероятность обнаружения объекта за малый промежуток времени пропорциональна этому промежутку времени $P\left(\Delta t_{\text{н}}\right) = \alpha \Delta t_{\text{н}}$. Коэффициент α зависит от характеристик цели как объекта наблюдения. В соответствии с [4], такой обобщенной характеристикой является среднее время $T_{\text{ср}}$, которое затрачивается на поиск цели в заданном районе и ее опознавание. Чем лучше замаскирована цель, тем больше времени затрачивается на ее поиск.

Вместе с тем, на продолжительность поиска цели с использованием БпЛА существенное влияние оказывают метеорологические условия. Для учета характеристик облачности в районе выполнения задачи, среднее время пребывания БпЛА предлагается определять с использованием выражения:

$$T_{\text{ср}}^{\text{му}} = T_{\text{ср}} + T_{\text{обл}}, \quad (2)$$

- $T_{\text{ср}}^{\text{му}}$ – среднее время, которое затрачивается на поиск цели в заданном районе с учетом метеоусловий;
- $T_{\text{ср}}$ – среднее время, в течение которого БпЛА осуществляет поиск цели в заданном районе без учета метеоусловий;
- $T_{\text{обл}} = \dfrac{S_{\text{р}}(1 + 0{,}1N_{\text{обл}})}{BV}$ – среднее время просмотра БпЛА зоны, закрытой облачностью;
- $S_{\text{р}}$ – площадь района разведки;
- $N_{\text{обл}}$ – количество облачности в районе выполнения задачи;
- V – скорость полета БпЛА;
- B – ширина полосы обзора БпЛА.

Коэффициент α с учетом метеоусловий может быть принят равным $\alpha_{\text{му}} = \dfrac{1}{T_{\text{ср}}^{\text{му}}}$ [3]. Тогда вероятность обнаружения за время $\Delta t_{\text{н}}$ будет определяется соотношением:

$$P_{\text{му}}\left(\Delta t_{\text{н}}\right) = \alpha_{\text{му}} \Delta t_{\text{н}}, \quad (3)$$

а вероятность необнаружения объекта выражением:

$$\overline{P}_{\text{му}}\left(\Delta t_{\text{н}}\right)=1-\alpha_{\text{му}}\Delta t_{\text{н}}. \tag{4}$$

С учетом вышеизложенного, исходное равенство (1) может быть преобразовано к виду:

$$\overline{P}_{\text{му}}\left(t_{\text{н}}+\Delta t_{\text{н}}\right)=\overline{P}\left(t_{\text{н}}\right)\left(1-\alpha_{\text{му}}\Delta t_{\text{н}}\right). \tag{5}$$

После преобразования получим:

$$\frac{\overline{P}_{\text{му}}\left(t_{\text{н}}+\Delta t_{\text{н}}\right)-\overline{P}\left(t_{\text{н}}\right)}{\Delta t_{\text{н}}}=-\alpha_{\text{му}}\overline{P}\left(t_{\text{н}}\right). \tag{6}$$

Если $\Delta t_{\text{н}}\to 0$, а $\lim\limits_{t_{\text{н}}\to 0}\dfrac{\Delta P}{\Delta t_{\text{н}}}=\overline{P}'$, то получим уравнение:

$$\overline{P}'=-\alpha_{\text{му}}\overline{P}\text{, при } t_{\text{н}}=0,\overline{P}\left(0\right)=1 \tag{7}$$

Его решением является $P_{\text{му}}\left(t_{\text{н}}\right)=ce^{-\alpha_{\text{му}}t_{\text{н}}}$, которое с учетом начальных условий $\overline{P}\left(t_{\text{н}}=0\right)=1$; $e^{-\alpha_{\text{му}}\left(t_{\text{н}}=0\right)}=1$; $c=1$ позволяет получить выражение для вероятности обнаружения наземного объекта с учетом метеоусловий:

$$P_{\text{му}}\left(L\right)=1-e^{-\alpha_{\text{му}}t_{\text{н}}}. \tag{8}$$

Из всего баланса времени, в течение которого ведется поиск объекта, оператором непосредственно на наблюдение объекта затрачивается в среднем

$$t_{\text{н}}=\frac{L_0-L}{V\dfrac{B}{b_{\text{ср}}}}, \tag{9}$$

- $t_{\text{н}}$ –время, затраченное оператором непосредственно на наблюдение объекта;
- L_0-L – путь, который проходит БпЛА с начала поиска цели до ее обнаружения;
- $b_{\text{ср}}$ – средняя ширина площадки на наземной поверхности, образованная углом полосы обзора оптико-электронного оборудования БпЛА;
- V – скорость полета БпЛА;
- B – ширина полосы обзора БпЛА.

Величину $b_{\text{ср}}$ предлагается определять по формуле:

$$b_{\text{ср}} = \left(\frac{L_0 + L}{2} \right) 2\varphi \,. \tag{10}$$

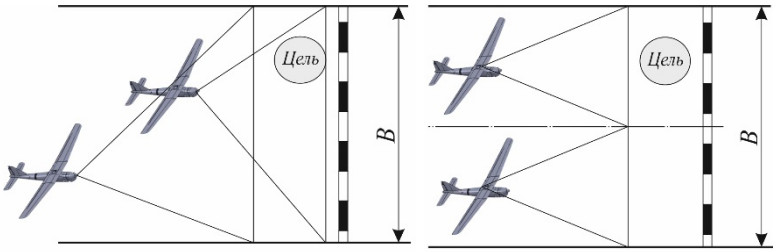
В результате, окончательно имеем:

$$P_{\text{му}}\left(L\right) = 1 - e^{-\alpha_{\text{му}}\varphi \frac{L_0^2 - L^2}{VB}} \,. \tag{11}$$

Полученная формула связывает вероятность обнаружения цели оператором БпЛА со случайной величиной дальности ее обнаружения L и метеоусловиями в районе выполнения задачи.

2. Модель учета метеоусловий в процессе поиска и обнаружения наземных объектов группой беспилотных летательных аппаратов

Если поставленную задачу выполняет группа БпЛА, то вероятность обнаружения наземного объекта будет определяться в зависимости от выбранной схемы поиска. На рисунке 2 представлены типовые варианты взаимодействия двух БпЛА в процессе ведения воздушной разведки наземных целей [3].



а б

а – при просмотре всеми расчетами всей выделенной полосы просмотра, б – при выделении каждому расчету отдельной полосы просмотра заданной зоны поиска

Рис. 2. Схема поиска наземных объектов группой беспилотных летательных аппаратов

В первой схеме (рисунок 2а) каждый БпЛА просматривает всю выделенную для поиска полосу шириной B. Во второй схеме (рисунок 2б) ширина просмотра для каждого БпЛА сокращена, и если поиск ведет N БпЛА, то каждому из них выделяется полоса, ширина которой равна $\frac{B}{N}$.

Если предположить, что каждый БпЛА обнаруживает цель в ожидаемых метеоусловиях с одинаковой вероятностью $P_{\text{му}}(L)_1$, тогда при первой схеме поиска вероятность обнаружения объекта будет определяться по формуле $P_{\text{му}}(L) = 1 - \left[1 - P_{\text{му}}(L)_1\right]^N$.

С учетом формулы (3), полученной для одного БпЛА, выражение для определения вероятности обнаружения наземной цели с учетом метеоусловий примет вид:

$$P_{\text{му}}(L) = 1 - e^{-\alpha_{\text{му}}\varphi\frac{L_0^2 - L^2}{VB}N}. \quad (12)$$

Точно такая же формула получается и при второй схеме поиска. При уменьшении ширины полосы просмотра для каждого БпЛА до величины $\frac{B}{N}$, в ожидаемых метеоусловиях цель обнаруживается с вероятностью $P_{\text{му}}(L) = 1 - e^{-\alpha_{\text{му}}\varphi\frac{L_0^2 - L^2}{V\frac{B}{N}}}$ или $P_{\text{му}}(L) = 1 - e^{-\alpha_{\text{му}}\varphi\frac{L_0^2 - L^2}{VB}N}$.

Таким образом, оба способа оказываются, с точки зрения их эффективности, равноценными.

Если же вероятности обнаружения цели для каждого БпЛА разные, то для первой схемы вероятность обнаружения с учетом метеоусловий предлагается определять по формуле [5]:

$$P_{\text{му}}(L) = 1 - \prod_{i=1}^{N}\left[1 - P_{\text{му}}(L)_i\right], \quad (13)$$

- $P_{\text{му}}(L)_i$ – вероятность обнаружения цели *i*-м БпЛА;
- N – количество БпЛА, входящих в группу;
- $P_{\text{му}}(L)$ – вероятность обнаружения цели группой БпЛА.

3. Оценка эффективности построенных моделей поиска и обнаружения наземных объектов

Для проверки работоспособности предлагаемых моделей в ходе исследования был проведен численный эксперимент, в соответствии с которым для поиска одиночного неподвижного объекта в различных метеоусловиях, использовался БпЛА малой дальности с оптико-электронными средствами только видимого диапазона.

Полетное задание предусматривало патрулирование в квадрате площадью $S_p = 100$ км^2 методом челночного поиска по заранее заданной траектории, как это показано на рисунке 3.

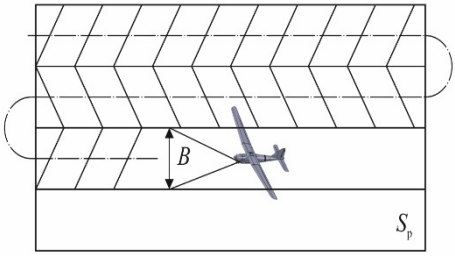


Рис. 3. Схема поиска наземной цели в заданном квадрате

По условиям эксперимента, угол зрения бортового оптико-электронного оборудования БпЛА составлял $\varphi = 5^{\circ}$, ширина полосы обзора $B = 0,25$ км, а время, затрачиваемое на преодоление одного поворотного пункта маршрута $t_{\text{ППМ}} = 0,01$ч. Патрулирование осуществлялось на высоте $H = 600$ м со скоростью $V = 100$ км/ч. При расчетах были использованы среднестатистические значения максимальной дальности обнаружения наземных объектов БпЛА малой дальности, полученные в исследовании [4]. Оценка эффективности учета метеоусловий осуществлялась на основе физико-статистических показателей, в качестве которых использовались математическое ожидание (m^*) и средняя относительная ошибка ($\delta_{\text{отн}}$). Результаты полученных расчетов представлены в таблицах 1, 2.

Заключение

Таким образом, в ходе проведенного исследования была получена зависимость между вероятностью обнаружения оператором БпЛА наземной цели и величиной дальности ее обнаружения, изменяющейся в районе выполнения задачи с учетом влияния метеоусловий.

Анализ полученных результатов свидетельствует том, что учет метеоусловий в районе поиска путем реализации предлагаемых моделей будет способствовать повышению эффективности выполнения поставленной задачи в среднем на 30-35% по сравнению с традиционными подходами. Применение разработанного математического аппарата позволяет своевременно учитывать локальный характер метеоусловий в районе поиска.

Таблица 1

Результаты расчетов среднего времени просмотра зоны, закрытой облачностью

	Количество облачности в баллах, $N_{обл}$										
	0 б	1 б	2 б	3 б	4 б	5 б	6 б	7 б	8 б	9 б	10 б
$T_{обл}$, ч	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8

Таблица 2

Результаты расчетов вероятности обнаружения одиночного наземного объекта с использованием беспилотного летательного аппарата с учетом метеоусловий ($P_{му}(L)$)

L, км	Количество облачности в баллах, $N_{обл}$										
	Простые метеоусловия							Сложные метеоусловия			
	0 б	1 б	2 б	3 б	4 б	5 б	6 б	7 б	8 б	9 б	10 б
1	0,8	0,74	0,69	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43
2	0,77	0,71	0,65	0,61	0,57	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,40
3	0,71	0,64	0,59	0,55	0,51	0,47	0,44	0,42	0,39	0,37	0,35
4	0,6	0,53	0,48	0,44	0,41	0,38	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27
5	0,4	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16
m^*	0,65	0,59	0,54	0,50	0,47	0,43	0,41	0,38	0,36	0,34	0,32
$\delta_{отн}$	0	0,09	0,17	0,23	0,29	0,34	0,38	0,42	0,45	0,48	0,51

Список литературы

1. Методика учета влияния метеофакторов на эффективность применения беспилотных летательных аппаратов на основе системного анализа / И. Е. Кузнецов [и др.] // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки: сб. статей. Дагестан: ДГТУ, 2018. Том 45 (№.2). С. 134-149.
2. Структурно-логическая модель метеообеспечения беспилотных летательных аппаратов при ограниченной метеоинформации / И. Е. Кузнецов [и др.] // Естественные и технические науки: сборник статей. М.: Спутник+, 2018. № 12(126). С. 201-207.
3. Болховитинов О.В. Боевые авиационные комплексы и их эффективность / Под ред. О.В. Болховитинова. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. 224 с.
4. Волгин Н.С. Исследование операций. Часть 1: учебное пособие / Под ред. В.А. Рогунова. СПб.: Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского союза Н.Г. Кузнецова, 1999. – 366с.

5. Моисеев В.С. Основы теории создания и применения информационных беспилотных авиационных комплексов (Серия «Современная прикладная математика и информатика») / В.С. Моисеев, Д.С. Гущина, Г.В. Моисеев. Казань: Изд-во МОиН РТ, 2010. – 196 с.

Учет влияния погрешности оценки скорости изменения частоты при противодействии радиолокационным станциям ретрансляционными помехами

И. Ф. Купряшкин, email: ifk78@mail.ru
А. С. Мазин, email: mazinant@rambler.ru

ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *Приведены расчеты и исследованы закономерности, свидетельствующие о важности учета погрешности в определении значения скорости изменения внутриимпульсной частоты частотно-модулированных зондирующих сигналов для обеспечения формирования на радиолокационном изображении шумовой полосы с требуемыми параметрами.*

Ключевые слова: *обработка и отображение информации в системах локации, повышение скрытности комплексов и систем, математическое обеспечение средств для обработки сигналов.*

Введение

Для ведения всепогодного круглосуточного картографирования местности наряду с другими устройствами используются радиолокационные станции (РЛС), имеющие ряд преимуществ по сравнению с оптическими системами, устанавливаемые на борту летательных аппаратов [1-3].

Так как радиолокационные изображения подстилающей поверхности, полученные в результате мониторинга земной поверхности, могут быть использованы в военное время как источник разведывательных данных о местоположении и состоянии войск (сил) целесообразно разрабатывать способы противодействия данному виду разведки. Задачу скрытия объектов, образцов вооружения, военной и специальной техники от воздушной радиолокационной разведки (ВРЛР) решают специализированные подразделения радиоэлектронной борьбы, на вооружении которых стоят высокопотенциальные дорогостоящие станции и комплексы помех [4]. Авторами статьи [5] предлагается для этих целей использовать недорогие малогабаритные ретрансляторы, в которых реализован способ создания некогерентной ретрансляционной помехи с фиксированной временной задержкой и изменяющимся по заданному закону частотным сдвигом. Результатом расчета требуемых значений расстояния выноса ретранслятора (по возможным положениям

© Купряшкин И.Ф., Мазин А.С., 2020

носителя РЛС в пространстве) и девиации частотной модуляции ретранслированного сигнала (по известным параметрам и углам падения зондирующих излучений) является формирование на радиолокационном изображении (РЛИ) шумовой полосы, скрывающей отметку объекта прикрытия.

Однако авторами статьи [5] не рассмотрено влияние погрешности в определении параметров зондирующего сигнала на ширину и интенсивность помехового изображения.

Цель статьи – продемонстрировать степень зависимости параметров шумовой полосы от погрешности определения ширины спектра и длительности импульса зондирующего сигнала.

Моделирование влияния погрешности оценки скорости изменения частоты зондирующего сигнала на параметры помехового изображения

Требуемое значение девиации частотной модуляции Δf для формирования шумовой полосы определяется как:

$$\Delta f \geq \frac{b \Delta R \sin\psi}{2\pi c}, \qquad (1)$$

где $b = 2\pi\Delta f_c / \tau_u$, Δf_c , τ_u , ψ – скорость изменения частоты, ширина спектра, длительность импульса, угол падения зондирующего излучения соответственно; ΔR – ширина шумовой полосы; c – скорость света в свободном пространстве. Следовательно, для полного анализа существующих закономерностей наряду с прочими необходимо учитывать степень влияния параметра b .

С целью имитации работы импульсной бортовой РЛС, используемой для детальной съемки земной поверхности, целесообразно длительность зондирующих импульсов выбирать на интервале 10..50 мкс, а ширину спектра сигнала Δf_c – 200..500 МГц, при которых параметры $b_{\min}$ и $b_{\max}$ принимают значения около 2 и 32 МГц/мкс соответственно.

Для анализа влияния погрешности определения скорости изменения частоты b на значение ширины шумовой полосы R установим исходные значения параметров, необходимых для расчета:

за значение скорости изменения частоты b примем среднее значение скорости изменения частоты $b_{cp} = b_{\min} + (b_{\max} - b_{\min})/2 \approx 17$ МГц/мкс;

за значение угла места ξ (угла падения зондирующего сигнала ψ), с которым выполняет полет носитель РЛС относительно объекта прикрытия, примем $\xi = 10°$ ($\psi = 80°$);

значение девиации частотной модуляции f, необходимое для создания шумовой полосы шириной $R = 300$ м при b_{cp} и ψ, составляет $f \approx 2{,}7$ МГц.

Используя формулу (1) и исходные значения параметров, рассчитаем значения ширины шумовой полосы ΔR при различных погрешностях определения значений скорости изменения частоты Δb и фиксированных значениях f и ψ:

$$\Delta R \geq \frac{f\, 2\pi c}{\Delta b \sin\psi} \qquad (2)$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1-3 и рис. 1.

Таблица 1

Изменение ΔR в зависимости от погрешности определения Δb (2..12 МГц/мкс), м.

b, МГц/мкс	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\pm b$, МГц/мкс	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5
$\pm b$, %	-88	-82	-76	-71	-65	-59	-53	-47	-41	-35	-29
R, м	2 550	1 700	1 275	1 020	850	729	638	567	510	464	425
$\pm R$, м	+2 250	+1 400	+975	+720	+550	+429	+338	+267	+210	+164	+125
$\pm R$, %	+750	+467	+325	+240	+183	+143	+113	+89	+70	+55	+42
f, МГц	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9
$\pm f$, МГц	-2,4	-2,2	-2,0	-1,9	-1,7	-1,6	-1,4	-1,3	-1,0	-0,9	-0,7
$\pm f$, %	-88	-82	-76	-71	-65	-59	-53	-47	-41	-35	-29

Изменение ΔR в зависимости от погрешности определения Δb (12..22 МГц/мкс), м.

b, МГц/мкс	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$\pm b$, МГц/мкс	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
$\pm b$, %	-29	-24	-18	-12	-6	0	+6	+12	+18	+24	+29
R, м	425	392	364	340	319	300	283	268	255	243	232
$\pm R$, м	+125	+92	+64	+40	+19	0	-17	-32	-45	-57	-68
$\pm R$, %	+42	+31	+21	+13	+6	0	-6	-11	-15	-19	-23
f, МГц	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,5
$\pm f$, МГц	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	0	+0,2	+0,3	+0,5	+0,6	+0,7
$\pm f$, %	-29	-24	-18	-12	-6	0	+6	+12	+18	+23	+29

Таблица 3

Изменение ΔR в зависимости от погрешности определения Δb (22..32 МГц/мкс), м.

b, МГц/мкс	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
$\pm b$, МГц/мкс	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	+13	+14	+15
$\pm b$, %	+29	+35	+41	+47	+53	+59	+65	+71	+76	+82	+88
R, м	232	222	213	204	196	189	182	176	170	165	159
$\pm R$, м	-68	-78	-87	-96	-104	-111	-118	-124	-130	-135	-141
$\pm R$, %	-23	-26	-29	-32	-35	-37	-39	-41	-43	-45	-47
f, МГц	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,5	4,7	4,9	5,0
$\pm f$, МГц	+0,7	+0,9	+1,0	+1,3	+1,4	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2	+2,4
$\pm f$, %	+29	+35	+41	+47	+53	+59	+65	+71	+76	+82	+88

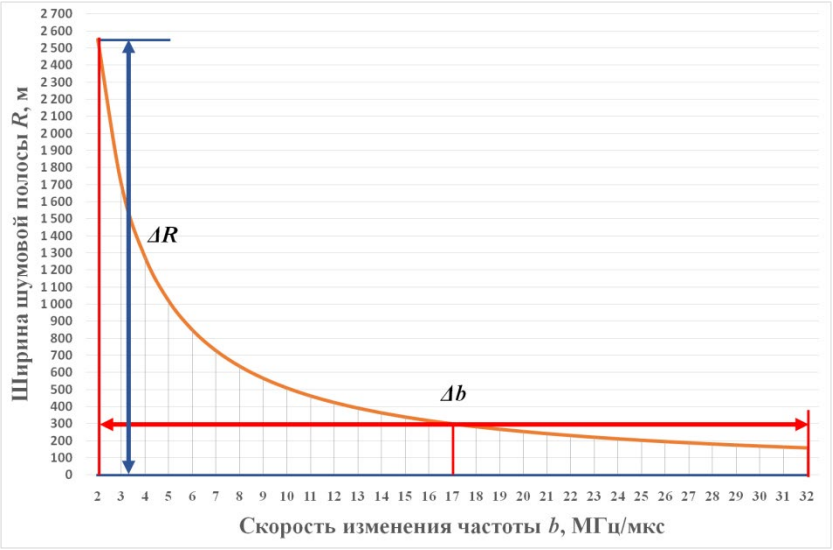


Рис. 1. Зависимость ширины шумовой полосы от значения скорости изменения частоты

Из формулы (2), табл. 1-3 и рис. 1 следует, что значения скорости изменения частоты Δb и ширина шумовой полосы ΔR связаны обратной зависимостью. При погрешности определения скорости изменения частоты $b - 29, - 59, - 88\,\%$ ширина шумовой полосы R увеличивается на 42, 143 и 750 % соответственно. А при $b + 29, + 59, + 88\,\%$ – уменьшится на 23, 37 и 47% соответственно.

Пренебрежение погрешностью оценки параметра b влечет за собой изменение требуемых параметров шумовой полосы на РЛИ. Это может привести к двум нежелательным ситуациям (рис. 2-4):

ширина шумовой полосы окажется меньше требуемой – отметка наземного объекта не будет скрыта помеховым изображением;

ширина шумовой полосы окажется больше требуемой – за счет распределения яркости помехового изображения в широкой области снижается маскирующий эффект. Отметка от наземного объекта различима на фоне шумовой полосы.

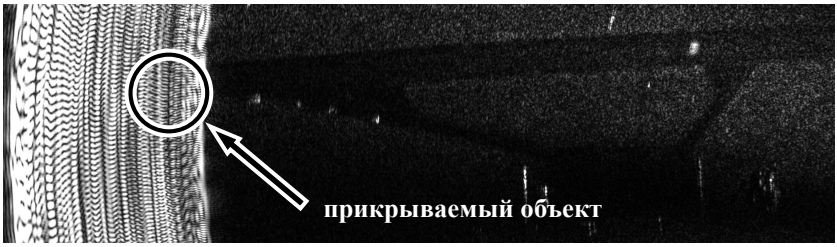


Рис. 2. РЛИ с требуемой шириной шумовой полосы

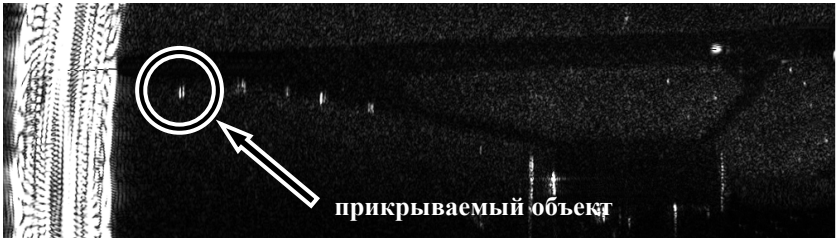


Рис. 3. РЛИ с уменьшенной шириной шумовой полосы

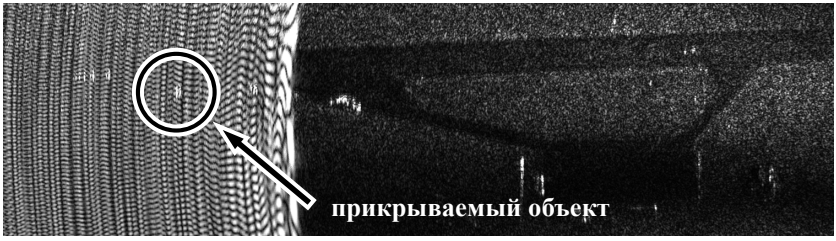


Рис. 4. РЛИ с увеличенной шириной шумовой полосы

Негативный эффект изменения ширины шумовой полосы устраняется уменьшением или увеличением девиации частотной модуляции f на количество процентов, равное погрешности определения скорости изменения частоты b. Предположим, что оценка истинного значения параметра $b = 17$ МГц/мкс, при котором требуемая ширина шумовой полосы R равна 300 м, меньше на 18% ($b_1 = 14$ МГц/мкс). В данном случае ширина шумовой полосы R увеличится на 21% ($R = 364$ м). Для обеспечения формирования на РЛИ шумовой полосы требуемой ширины и интенсивности значение девиации

частотной модуляции f ретранслированного сигнала требуется уменьшить на 18% (на 0,5 МГц) (табл. 2).

Проанализировав полученные результаты и закономерности можно сделать вывод о том, что для обеспечения скрытности наземных объектов учет значения скорости изменения частоты b необходим. Целесообразно оборудовать ретранслятор устройством определения ширины спектра и длительности импульсов зондирующих сигналов.

Заключение

В результате проведенного анализа установлено:

погрешность в определении скорости изменения внутриимпульсной частоты зондирующих сигналов b влияет на изменение ширины и интенсивности шумовой полосы R, отображаемой на РЛИ;

изменение ширины шумовой полосы R обратно пропорционально погрешности оценки параметра b (R характеризуется существенным изменением в области малых значений b и незначительным в области больших);

с целью качественного скрытия наземных объектов от ВРЛР целесообразно оборудовать ретранслятор устройством измерения скорости внутриимпульсной перестройки частоты зондирующего сигнала для формирования на РЛИ шумовой полосы с адаптивными шириной и интенсивностью.

Список литературы

1. Куприянов, А.И. Теоретические основы радиоэлектронной разведки : учеб. пособие / А. И. Куприянов, П.Б. Петренко, М.П. Сычев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 381, [1] с. : ил.

2. Кондратенков, Г.С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли : учебное пособие для вузов / Г.С. Кондратенков, А.Ю. Фролов – М.: Радиотехника, 2005. 368 с.: ил.

3. Купряшкин, И.Ф. Малогабаритные многофункциональные РЛС с непрерывным частотно-модулированным излучением : монография / И.Ф. Купряшкин, В.П. Лихачев, Л.Б. Рязанцев – М.: Радиотехника, 2020. 280 с. + 8 с цв. ил.

4. Осипов, А.С. Военно-техническая подготовка. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП : учебник / А.С. Осипов ; под науч. ред. Е.Н. Гарина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 344 с.

5. Купряшкин, И.Ф. Способ противодействия бортовым радиолокационным системам с непрерывным частотно-

модулированным сигналом / И.Ф. Купряшкин, А.С. Мазин, В.П. Лихачев // Сборник тезисов докладов I Всероссийской научно-практической конференции «Радиоэлектронная борьба в современном мире» (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 49-51.

Моделирование процесса многомерной трехфазной фильтрации

Н. М. Курбонов, email: nozim_kurbonov@mail.ru

Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при ТУИТ

Аннотация. *В работе приведены математическая модель и вычислительный алгоритм для решения задач многомерной трехфазной фильтрации в пористой среде. Разработанный математический инструментарий позволяет определять время эксплуатации пласта в зависимости от его длины и мощности, числа скважин и их дебитов.*

Ключевые слова: *математическая модель, численный метод, вычислительный эксперимент, фильтрация, жидкость, нефть, газ, вода, пористая среда, флюид, программное средство.*

Введение

В настоящее время все остро встаёт задача экономии энергоносителей, более точно эту проблему можно сформулировать, как создание систем управления рациональным использованием энергоресурсов. Нефтегазовые месторождения, как один из основных источников добычи энергоносителей, требуют большого внимания, изучения и управления для определения путей увеличения конечной нефтегазоотдачи.

Исследование многих из этих процессов вызывает необходимость создания адекватных математических моделей и алгоритмов расчета для определения динамического состояния и управления пластовых фильтрационных систем с учетом динамики переходных процессов.

Математическое моделирование процессов разработки нефтегазовых месторождений при совместной фильтрации трех фаз (газа, нефти и воды) в каждой точке пласта приводит к многомерным нелинейным уравнениям в частных производных с начальными внутренними и граничными условиями, решение которых даёт возможность прогнозировать состояние системы в реальном масштабе времени и оперативно управлять технологическими процессами разработки месторождения.

© Курбонов Н.М., 2020

1. Постановка задачи

Рассмотрим совместное течение нефти, газа и воды в системе N_1 эксплуатационных и N_2 нагнетательных скважин. При этом их количество может меняться во времени, т.е. $N = N_1(t)$, $N = N_2(t)$. Допустим, что $N = N_1 + N_2$, месторасположение скважин (x_i, y_i) $(\overline{i = 1, N})$ известны.

Для описания уравнения состояния системы пласта используем уравнение неразрывности для каждой из фаз, обобщенный закон Дарси и уравнения состояния газа, нефти и воды, что приводит к интегрированию системы уравнений [15-17].

Используя законы газогидродинамики, можно сформулировать математическую модель процесса воздействия на пласт объёмом газа и продвижения жидкости в пласте, которая приводится к решению следующей системы нелинейных дифференциальных уравнений в безразмерном виде [1,2,5-7]:

$$\begin{cases} div[\dfrac{K_\Gamma K}{\mu_\Gamma}\rho_\Gamma(grad\, P_\Gamma - \gamma_\Gamma grad\, z) + \\ +R_s\lambda_н(grad\, P_\Gamma - \gamma_\Gamma grad\, z)] = \dfrac{\partial}{\partial t}[m(\dfrac{R_s}{B_н}S_н + \dfrac{S_\Gamma}{B_н})], \\ div[\dfrac{K_H K}{\mu_H}\rho_H(grad\, P_H - \gamma_H grad\, z)] = \dfrac{\partial}{\partial t}(m\rho_H S_H), \\ div[\dfrac{K_B K}{\mu_B}\rho_B(grad\, P_B - \gamma_B grad\, z)] = \dfrac{\partial}{\partial t}(m\rho_B S_B), \end{cases} \quad (1)$$

Здесь K – абсолютная проницаемость породы, $K_j, \mu_j, \rho_j, \gamma_j$ – относительные фазовые проницаемости, коэффициенты динамической вязкости, плотности и удельные веса j-ой фазы; индекс $j = \Gamma, H, B$ означает газ, нефть и вода в пластовых условиях, R_s – коэффициент растворимости газа в нефти, B_j – объёмные коэффициенты, λ_j – проводимость [1,2].

Эта система уравнений интегрируется в многосвязной области $D = G \setminus \bigcup_{k=1}^{N} \gamma_k \cup b_k(x, y)$ с внешней границей $\Gamma \cup D_1 \cup D_2$, где $D_1(x, y), D_2(x, y)$ – поверхности, соответствующие кровле и подошве

пласта; $\Gamma(x,y,z)$ – боковая поверхность области фильтрации G; $b_k(x_k, y_k)$ – вскрытая часть пласта k-ой скважины.

В начале разработки пласта система фаз находится в равновесном состоянии, т.е. при t=0 выполняется условие

$$P_j(x,y,z,0) = P_j(x,y,z) \tag{2}$$

на внутренних границах области фильтрации задаются условия следующего вида:

1. Заданы давления

$$P_i(x,y,z,t) = P_{ic}. \tag{3}$$

2. Заданы дебиты каждой из фаз

$$\int_0^b \oint_{\gamma_{ij}} \frac{K_i K}{\mu_i} \rho_i (grad\ P_i - \gamma_i grad\ z) ds\, dz = Q_{ij} \quad i = 1, N;\ j = \text{Г, Н, В}. \tag{4}$$

На границах области фильтрации могут быть заданы следующие условия: на поверхностях, соответствующих кровле и подошве пласта, а также на боковой границе Г, или заданы давления

$$\begin{cases} P_i(x,y,z,t)\Big|_{z\in D_k} = P_i(x,y,t), \quad k = 1,\ 2; \\ P_i(x,y,z,t)\Big|_{(x,y,z)\in\Gamma} = P_i(x,y,z,t) \end{cases} \tag{5}$$

или заданы условия непроницаемости этих границ

$$\begin{cases} (grad\ P_i - \gamma_i grad\ z)\Big|_{z\in D_k} = 0, \\ (grad\ P_i - \gamma_i grad\ z)\Big|_{(x,y,z)\in\Gamma} = 0. \end{cases} \tag{6}$$

Кроме этих условий предполагается, что выполняются соотношения:

$$S_\Gamma + S_\text{H} + S_\text{B} = 1; \tag{7}$$

$$P_\Gamma - P_\text{H} = P_\text{cog}(S_\Gamma),\ \ P_\Gamma - P_\text{B} = P_\text{cBw}(S_\text{B}). \tag{8}$$

Таким образом, получены краевые задачи, описывающие процесс нестационарной фильтрации трехфазных флюидов в трехмерной постановке.

Математические модели нестационарной фильтрации трехфазных флюидов должны учитывать растворимость газа в нефти и воде, изменение проницаемости пластов по мере изменения насыщенностей содержащих фаз, поверхностные силы между ними, интерференции скважин, влияние гравитационных сил.

2. Метод решения

Краевая задача (1) – (8) не имеет точного аналитического решения. Причина, кроме нелинейности этих уравнений, в том, что фазовые проницаемости для нефти, газа и воды устанавливаются в предположении присутствия всех трех фаз экспериментально. Они зависят, кроме свойств фаз, и от коллекторных свойств породы. Дать общие аналитические связи невозможно. Следуя [1, 2, 3] можно считать, что относительная фазовая проницаемость для газа зависит только от коэффициента газонасыщенности, относительная фазовая проницаемость для воды – только от коэффициента водонасыщенности, а относительная фазовая проницаемость для нефти – как от коэффициента газонасыщенности, так и от водонасыщенности.

Численное решение задач (2), (5) – (9) удобно получить в безразмерных переменных, которые можно определить по формулам [2,4]:

$$x^* = x/l,\ z^* = z/l,\ P^*{}_t = P_t/P_h,\ P^*{}_{cow} = P_{cow}/P_h,\ P^*{}_{cgw} = P_{cgw}/P_h,$$

$$\tau = (KP_h t)/(m\mu_o L^2),\ L = \max[L_x, L_y],\ q^*{}_t = q_t\mu_o / KH_h P_h,$$

где P_h, H_h – характерное значение давления и мощности; L_x, L_y – протяженность пласта соответственно по x и y.

Приближенное решение системы уравнений с соответствующими условиями можно получить, применяя явно-неявный и полностью неявный метод. Но для проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ необходимы аналитический вид капиллярного давления и относительные фазовые проницаемости. Капиллярное давление не определимо при малых насыщенностях, когда смачивающая фаза распадается на отдельные капли. В пористой среде смачивающая фаза стремится заполнить преимущественно более тонкие капилляры. Это проводит к тому, что кривизна межфазной поверхности уменьшается с ростом насыщенности смачивающей фазы и капиллярное давление оказывается убывающей функцией насыщенности $P_\Gamma - P_H = P_{cog}(S_\Gamma)$.

Заключение

На основании этих зависимостей и методики, изложенной в работе [4] можно построить этапы реализации алгоритмов расчетов технологических показателей нефтегазовых месторождений.

Список литературы

1. Азиз, Х. Математическое моделирование пластовых систем / Х. Азиз, Э. Сеттари. – М.: Недра, 1982. – 407 с.

2. Закиров, С.Н. Многомерная и многокомпонентная фильтрация: Справочное пособие / С.Н. Закиров [и др.]. – М.: Недра, 1998. – 335 с.

3. Чарный, И.А. Подземная гидрогазодинамика / И.А. Чарный. – М.: Гостоп-техиздат, 1963. – 393 с.

4. Садуллаев, Р. Разработка математических моделей функционирования и управления системы «Пласт-скважина» с распределенными параметрами / Р. Садуллаев [и др.] // Препринт : Р-7-99 / НПО «Кибернетика» АН РУз. – Т., 1992. – 72 с.

5. Курбонов, Н.М. Вычислительный эксперимент для исследования процесса совместной фильтрации жидкостей и газа в пористой среде / Н.М. Курбонов // Theoretical & Applied Science. – 2017. – № 5(49). – С. 1-7.

6. Равшанов, Н. Моделирование процесса фильтрации трехфазной смеси «нефть-газ-вода» в пористых средах // Технология материалов. – Москва : Изд-во ИНГН, 2013. – №3(4). – С. 3-13.

7. Ravshanov, N. The Model and Numerical Algorith, to Research the Filtration processes in porous media taking into account the phase transitions of multicomponent mixtures // European researcher. – Sochi, 2012. – № 1(16). – P. 5-11.

Разработка программного модуля по оценке степени снижения потерь боевого порядка за счет радиоэлектронного подавления радиоголовки самонаведения зенитно-ракетного комплекса станциями активных помех

И.Ю. Курьянов, email: kyrianov112@gmail.com
Р.Г. Хильченко, email: hrg_1984@yandex.ru
Д.О. Сычев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Проведена разработка программного модуля, позволяющего рассчитать степень снижения потерь боевого порядка за счет применения вертолетов постановщиков помех. Полученные результаты расчета могут быть использованы в целях поддержки принятия решения на боевое применение авиационных средств поражения в условиях ведения противником радиолокационной разведки.*

Ключевые слова: *самонаведение, зоны подавления, зенитно-ракетный комплекс.*

Введение

В современных условиях ведения боевых действий важная роль принадлежит авиации, как потенциальному носителю ядерного и высокоточного оружия (ВТО) [1]. Осознавая этот факт, в вооруженных силах развитых государств серьезное развитие получили средства и комплексы зональной и объектовой противовоздушной обороны (ПВО). Основу обеспечения поражения воздушных целей составляют зенитно-ракетные комплексы (ЗРК). При этом авиационные части и подразделения призваны обеспечивать боевые порядки ударных самолетов зоной (коридором) подавления ЗРК [2]. Однако проведение расчетов по построению коридоров эффективности применения средств математически сложны.

Поэтому *цель работы* – разработка программного модуля по расчету степени снижения потерь боевого порядка за счет радиоэлектронного подавления РГС ЗРК станциями активных помех из зон как средства поддержки принятия решения на боевое применение средства воздушного нападения (СВН).

© И.Ю. Курьянов, Р.Г. Хильченко, Д.О. Сычев, 2019

разработка моделей информационной системы (ИС), которые опишут формирование образовательного контента в соответствии с профессионально-ориентированными требованиями направления подготовки.

1. Разработка моделей

Для расчета степени снижения потерь боевого порядка за счет радиоэлектронного подавления РГС ЗРК станциями активных помех из зон необходимо сначала определить огневую производительность ЗРК большой и средней дальности.

Основоопределяющим фактором возможности стрельбы является соответствие предельных параметров ЗРК условиям задачи

$$\begin{aligned} H_{\min} \le H_c \le H_{\max} \\ \rho \le \rho_{\max} \\ V_{\min} \le V_c \le V_{\max} \end{aligned}, \quad (1)$$

где $H_{\min}$, $H_{\max}$ – минимальные и максимальные дальности стрельбы ЗРК,

$\rho_{\max}$ – максимальный курсовой параметр стрельбы ЗРК,

$V_{\min}$, $V_{\max}$ – минимальные и максимальные скорости поражаемых целей ЗРК.

$$m = \frac{\lg \frac{D_{\min} + (\Delta D\lambda)/(1-\lambda)}{D_{n1} + \Delta D/(1-\lambda)}}{\lg \lambda} + \frac{L_{бп} + D_{сект.}}{V_c(t_{оц} + t_{пер} + t_{п.ср})}, \quad (2)$$

где D_{n1} – дальность пуска ракеты, рассчитываемая по формуле:

$$D_{n1} = \min \begin{cases} D_{обн} - V_c(t_{обн} + t_{захв} + t_{подг}) \\ D_{\max} / \lambda \end{cases}, \quad (3)$$

ΔD – приращение дальности, рассчитываемое по формуле:

$$\Delta D = V_c(t_{оц} + t_{пер}), \quad (4)$$

λ – коэффициент, рассчитываемый по формуле:

$$\lambda = \frac{V_{ЗУР}}{V_{ЗУР} + V_c}, \quad (5)$$

$D_{\min}$ – минимальная дальность стрельбы ЗРК,

$V_{ЗУР}$ – скорость ЗУР,

V_c – скорость цели,

$L_{бп}$ – протяженность боевого порядка,

$D_{сект.}$ – протяженность зоны поражения ЗРК, преодолеваемой боевым порядком,

$t_{оц}$ – время оценки результатов стрельбы и принятия решения на дальнейшие действия (повторный обстрел или перенос огня),

$t_{пер}$ – время переноса огня на другую цель,

$t_{п.ср}$ – среднее время полета ЗУР к перехватываемой цели.

Количество эффективных пусков одним ЗРК данного типа будет зависеть от количества ЗРК, количества огневых каналов у них и вероятности поражения цели:

$$\overline{m} = m \cdot K \cdot P_{пор}, \quad (6)$$

Соответственно количество эффективных пусков всеми ЗРК данного типа:

$$m_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{N} \overline{m_j}, \quad (7)$$

где N – количество ЗРК.

Общие потери самолетов боевого порядка находятся по формуле:

$$П = N_0 \left(1 - \exp\left\{ -\frac{m_{\Sigma}}{N_0} \right\} \right), \quad (8)$$

где N_0 – количество самолетов в боевом порядке.

Зная общие потери самолетов боевого порядка без применения средств РЭБ можно определить степень снижения потерь за счет применения вертолетов - постановщиков помех при действии их из зон.

Для этого необходимо определить максимальную степень снижения потерь K_{max}. Она зависит от количества вертолетов - ПП в зонах и количества целевых каналов ЗРК, способных вести одновременный обстрел боевого порядка и является табличной величиной.

Таблица

Максимальная степень снижения потерь

Nцк / Nп	1	2	3	4	5	..	15	16
1	20	7	3,3	2	1,5	..	1,2	1,1
..	..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..	..	..
5	35	34	32	28	20	..	2,2	2,1
..	..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..	..	..
8	39	39	39	38	38	..	12	5

Коэффициент снижения эффективности помех относительно высоты полета боевого порядка определяется по графику:

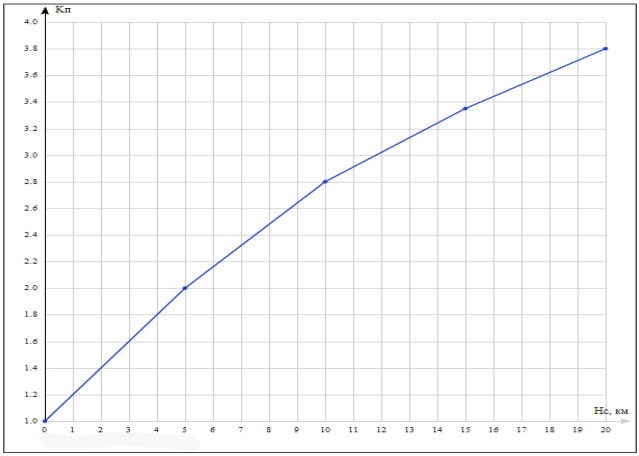


Рис. 1. Определение коэффициента снижения эффективности помех относительно высоты полета боевого порядка.

Определяется степень снижения потерь по формуле:

$$K_{РЭБ} = \frac{K_{\max}}{K_n}, \quad (9)$$

Таким образом количество эффективных пусков одним ЗРК данного типа с учетом РЭП:

$$\overline{m_{РЭБ}} = \frac{\overline{m}}{K_{РЭБ}}, \quad (10)$$

Количество потерь БП с учетом РЭП:

$$П_{РЭБ} = \frac{П}{K_{РЭБ}}, \quad (11)$$

В целях оценки степени снижения потерь боевого порядка за счет радиоэлектронного подавления РГС ЗРК станциями активных помех разработана программа с использованием интегрированной среды разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio 2010. Алгоритм написан на языке программирования C#. Ниже представлено краткое описание представленного программного продукта.

Для моделирования необходимо запустить файл в корневой папке: «.exe».

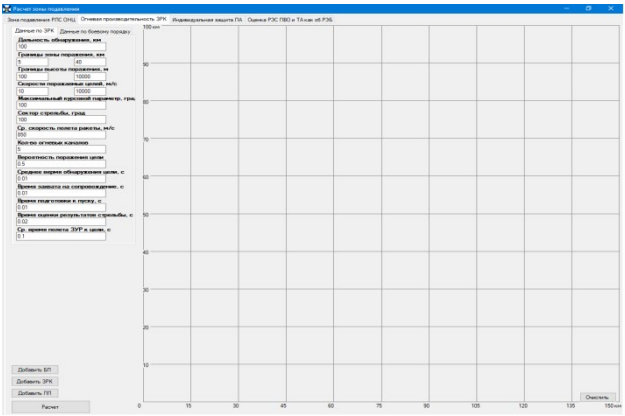


Рис. 2. Основное окно программы.

В появившемся окне необходимо задать исходные данные для расчета.

Сразу после запуска в графах ввода данных установлены значения, для облегчения тестирования и отладки программы. Пользователю предлагается ввести исходные данные или оставить типовые. Для ввода значений необходимо передать фокус полю ввода с помощью нажатия на него левой кнопкой мыши или перебором с помощью клавиши клавиатуры «TAB». Значения не целочисленных величин вводятся через «,» или «.», программа воспринимает любой из форматов ввода.

При этом заблокирован ввод остальных символов клавиатуры для устранения возможности случайного нажатия.

Причем ввод данных по ЗРК и по боевому порядку для удобства разделен на вкладки, переход между которыми производится нажатием по заголовку соответствующей вкладки.

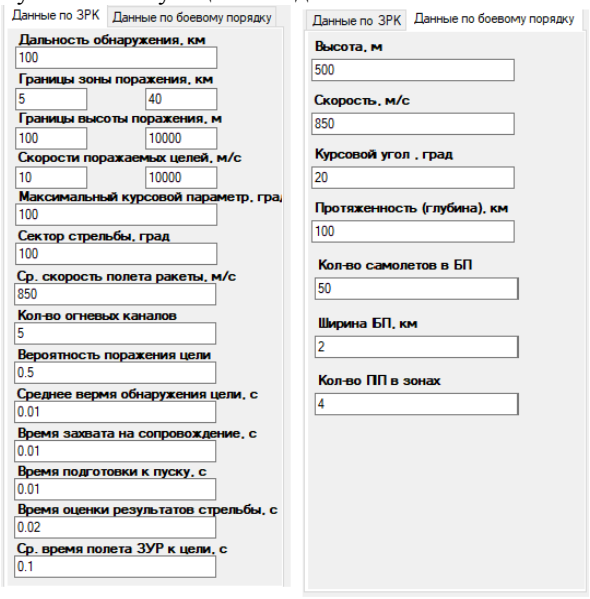


Рис. 3. Ввод исходных данных.

Из-за особенностей алгоритма расчёта количество ПП в зонах не может превышать восьми, поэтому программа предупредит о невозможности произвести расчет при выходе из этого диапазона.

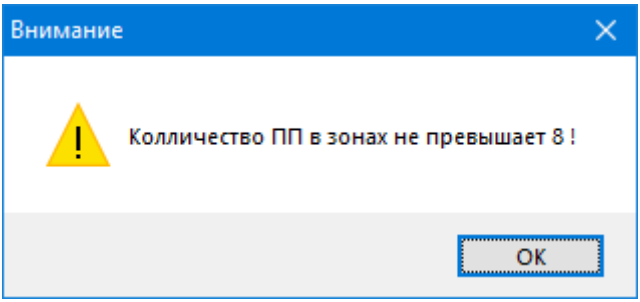


Рис. 4. Предупреждения о невозможности произвести расчет.

Кнопка «Добавить БП» при нажатии добавляет на интерактивную область программы (карту) условное обозначение боевого порядка длинной указанной в графе «Протяженность (глубина), км» задания данных по боевому порядку. После добавления БП кнопка становится не активной. Кнопка «Добавить ПП» добавляет на карту условное обозначение зоны барражирования постановщика помех с обозначением его номера. Максимальное количество постановщиков помех, которые можно добавить, три, после чего кнопка «Добавить ПП» становится не активной. Кнопка «Добавить ЗРК» добавляет на карту условное обозначение ЗРК с обозначением его номера. Максимальное количество ЗРК, которые можно добавить, десять, после чего кнопка «Добавить ЗРК» становится не активной. По нажатию кнопки «Расчет» программный модуль производит расчет степени снижения потерь боевого порядка за счет радиоэлектронного подавления РГС ЗРК станциями активных помех и выводит результаты расчета на экран в табличном виде (в левом нижнем углу карты), а на самой карте отображается обстановка согласно введенным данным.
Кнопка «Очистить» удаляет с графической области все добавленные элементы и результаты расчета.

В программе реализован интерактивный способ задания обстановки на карту, то есть все добавляемые элементы расставляются оператором вручную путем перетаскивания их на места. Специфика программы обязывает назначать угол наклона зоны барражирования относительно севера, так как от этого зависит какие ЗРК попадут в диаграмму направленности вертолетов – ПП, поэтому поворот зоны барражирования производится наведением на данную зону указателя и с зажатой правой кнопкой мыши перемещение его вверх-вниз для изменения угла.

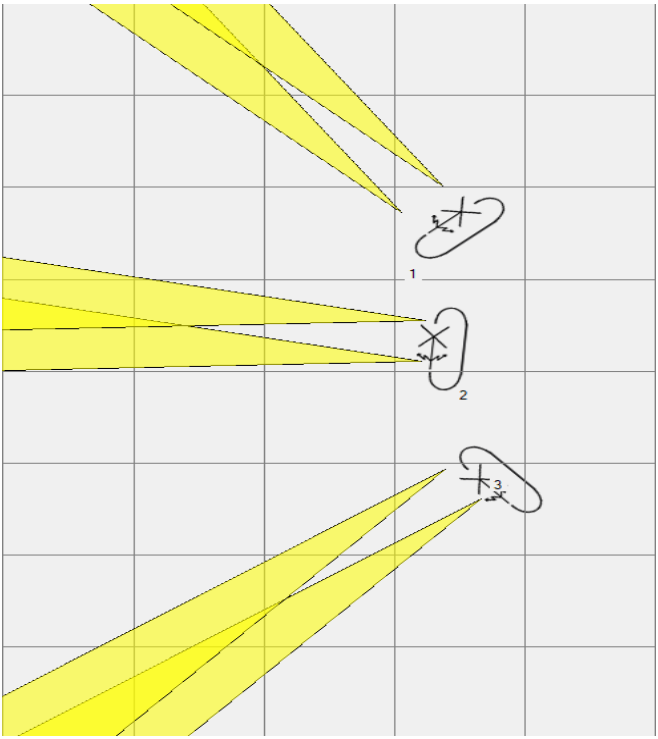


Рис. 5. Задание угла поворота зон барражирования.

Для удобства изменения положения элементов на карте и лучшей визуализации в правом нижнем углу таблицы результатов есть кнопка, позволяющая скрыть таблицу, эта же кнопка при повторном нажатии разворачивает таблицу.

При отсутствии постановщиков помех программа производит расчет потерь боевого порядка. Зона пересечения зон поражения ЗРК выделяется более насыщенным цветом.

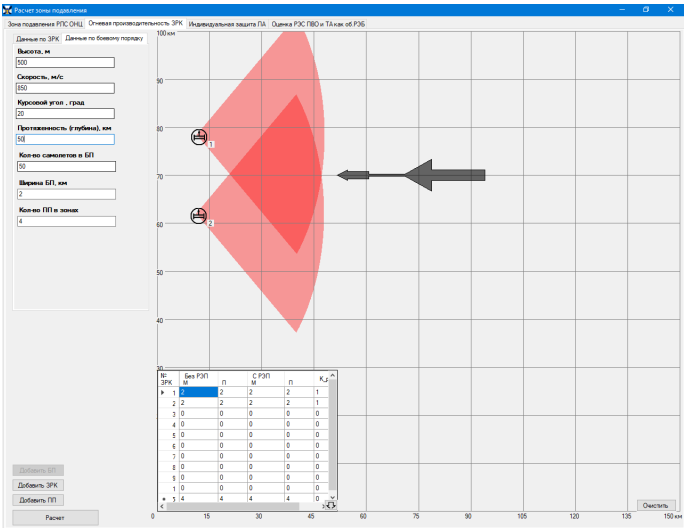


Рис. 6. Задание положения ЗРК и БП.

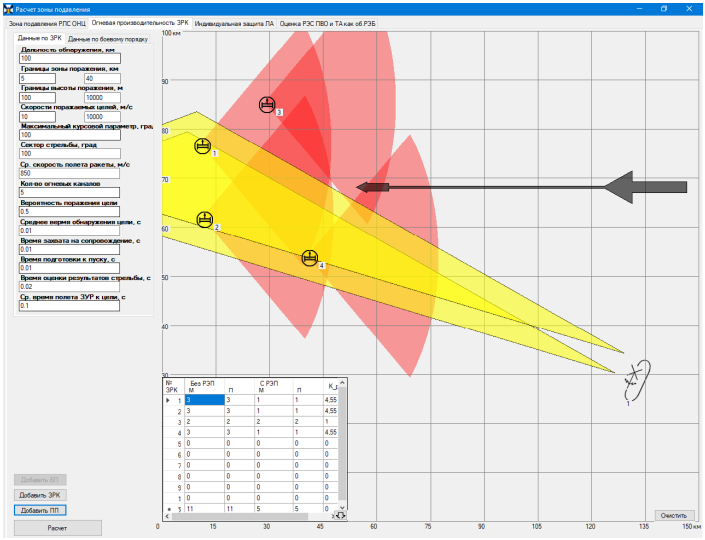


Рис. 7. Оценка степени снижения потерь боевого порядка за счет применения одной зоны размещения передатчиков помех.

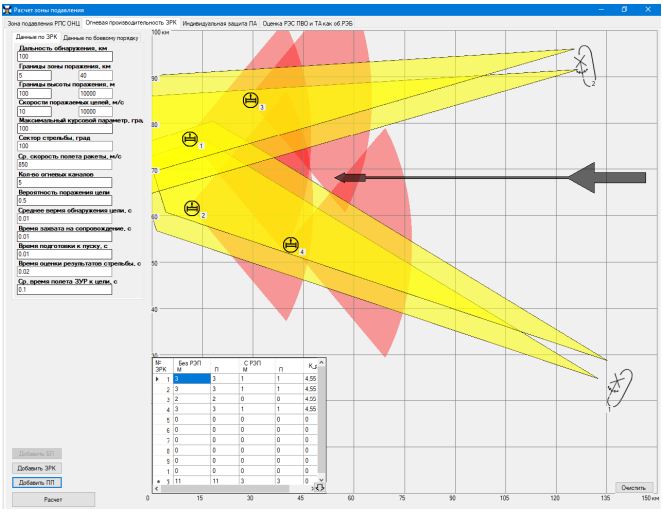


Рис. 8. Оценка степени снижения потерь боевого порядка за счет применения двух зон размещения передатчиков помех.

Заключение

Проведенное моделирование процессов ИС позволяет повысить эффективность функционирования информационной системы образовательного назначения за счет внедрения возможности формирования профессионально-ориентированного образовательного контента для различных направлений подготовки с учётом дифференцированных весовых коэффициентов.

Информационные модели отражают основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Входными параметрами являются информация о целях и задачах изучения дисциплины, информация об учебно-методическом и материально-техническом обеспечении дисциплины, непосредственно сам образовательный контент и другие данные. Выходными данными являются, индивидуализированные для направления подготовки рабочая программа и УМК, процесс формирования которых выполняется под регламентацией управляющей информации из ФГОС, учебного плана, положения об УМК, и в соответствии с методологией подготовки и способами представления. Исполнителями процессов с использованием информационной системы являются преподаватель и студент.

Литература

1. Курников, А.В. Метод формирования учебно-методического обеспечения в информационно-образовательной системе вуза /

А. В. Курников // Информатизация образования и науки. – 2013. – №3 (19). – С. 134-144.

2. Осипова И. В. Проектирование компетентностно-ориентированных основных образовательных программ, реализующих федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования: Методические рекомендации для организаторов проектных работ и профессорско-преподавательских коллективов вузов / И. В. Осипова, О. В. Тарасюк. – Екатеринбург : РГППУ, 2009. – 100 с.

Модель обнаружения воздушным оптико-электронным средством Наземного объекта с учетом его тени

Е.В. Лехачев, E-mail: lehachevv@gmail.com.
А.В. Иванцов, E-mail: kagan13@mail.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассмотрен вопрос разработки и программной реализации алгоритмов расчета вероятности обнаружения наземных объектов с учетом тени, отбрасываемых от них, принимаемой за еще один отдельный объект, со своими параметрами и характеристиками.*

Ключевые слова: *Тень, вероятность обнаружения объекта.*

Введение

В настоящее время армии ведущих зарубежных стран располагают автоматизированными системами разведки, целеуказания и наведения высокоточного оружия на наземные объекты, которое, как свидетельствует опыт локальных войн, широко применяется для поражения наземных объектов тыловой инфраструктуры. Для получения достоверных оценок обоснования целесообразных способов защиты наземных объектов от разведки и ударов высокоточного оружия (ВТО) необходимо методическое обеспечение, позволяющее корректно оценивать степень влияния различных демаскирующих признаков защищаемых объектов на возможности средств разведки по обнаружению и распознаванию.

Как известно, под демаскирующим признаком объекта понимается его характеристика, которая может быть выявлена технической разведкой противника и раскрывает защищаемые сведения об объекте. Измеряемые (фиксируемые) средствами технических разведок параметры собственных физических полей объектов, их видовые характеристики и другие проявления простых объектов позволяют определять их тип в интересах принятия решения на применение по ним ВТО.

В перечень наиболее часто используемых видовых демаскирующих признаков при обработке данных оптико-электронной и радиолокационной разведок входят:

оптический (тепловой, радиолокационный) контраст между изображениями объекта и фона;

© Лехачев Е.В., Иванцов А.В., 2020

– форма и размер объекта;

– распределение яркости (цвета) по площади изображения объекта;

– контраст между изображениями тени от объекта и фона;

– форма и размер тени от объекта.

При этом в качестве основных демаскирующих признаков на этапе обнаружения используется оптический (тепловой, радиолокационный) контраст между изображениями объекта и фона, а на этапе распознавания – форма, размер и распределение яркости (цвета) по площади изображения объекта.

Для разработки эффективных мероприятий по уменьшению проявляющихся демаскирующих признаков при обеспечении безопасности наземных объектов необходимо определить наиболее значимые из них в различных условиях.

Целью работы является разработка модели обнаружения воздушным оптико-электронным средством разведки наземного объекта, позволяющая учитывать влияние наличия и характеристик тени на вероятностно-временные характеристики обнаружения.

На рис. 1 представлены варианты изображений различных наземных объектов с тенями. Из рисунков следует, что зачастую тень от объекта имеет более выраженный контраст с фоном, чем сам объект (рис. 1а, 1б), а в некоторых случаях (рисунок 1б) обнаружение точечного объекта (антенная мачта, вышка, труба) возможно преимущественно по его тени.

а

б

Рис. 1. Варианты изображений наземных объектов с тенями: а – стационарная РЛС; в – группа бронетанковой техники (радиолокационное изображение)

Модель определения наземного объекта с учетом его теней оптико-электронной разведкой

Рассмотрим процесс поиска наземного объекта оптико-электронным средством, расположенным на воздушном носителе.

В соответствии с вероятность обнаружения объекта на равномерном фоне находится по формуле:

$$P_{\text{о}} = 1 - e^{-\lambda t} \tag{1}$$

где λ – интенсивность поиска, определяемая выражением

$$\lambda = \frac{b}{Y} K_{\text{о}}^2 \left(\gamma'_{\text{о}}\right)^2 L^{0,3} \tag{2}$$

где b – коэффициент, характеризующий поисковые возможности средства разведки;

- $K_{\text{о}}$ – контраст наземного объекта относительно фона;
- $\gamma'_{\text{о}}$ – размеры наземного объекта (угл. мин);
- L – яркость сектора поиска;
- Y – размеры сектора поиска (угл. мин).

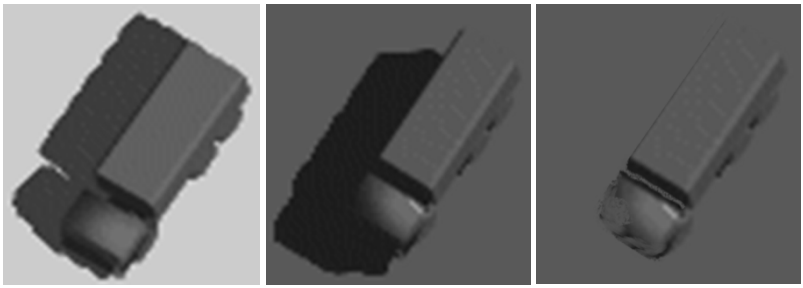
Для оценки вклада тени в обнаружение будем рассматривать тень как ещё один объект, со своими угловыми размерами и контрастом, обнаруживаемый совместно с наземным объектом. В этом случае общая вероятность обнаружения объекта с тенью может быть найдена из выражения:

$$P_{\text{общ}} = 1 - (1 - P_{\text{о}})(1 - P_{\text{т}}) = 1 - e^{-(\lambda_{\text{о}} + \lambda_{\text{т}})t} = 1 - e^{-\frac{b}{Y} L^{0,3} (K_{\text{о}}^2 (\gamma'_{\text{о}})^2 + K_{\text{т}}^2 (\gamma'_{\text{т}})^2) t} \tag{3}$$

где $P_{\text{о}}$ и $P_{\text{т}}$ – вероятности обнаружения наземного объекта и тени от него соответственно, определяемые по формуле (1);

- $K_{\text{т}}$ – контраст тени относительно фона;
- $\gamma'_{\text{т}}$ – размеры тени (угл. мин).

Для оценки вклада тени в обнаружение рассмотрим три возможные ситуации конфигурации объекта и тени от него, представленные на рис 2.



а б в

Рис. 2. Возможные ситуации конфигурации объекта и тени

В зависимости от времени суток, ориентации наземного объекта, а также окраски объекта под цвет фона можно рассмотреть следующие практически важные ситуации:

– вариант 1 – обнаружение высококонтрастного наземного объекта ($K_{\text{о}} = 0,8$) при наличии тени от него ($K_{\text{т}} = 0,7$) – рис. 2а;

– вариант 2 – обнаружение низкоконтрастного наземного объекта ($K_{\text{о}} = 0,2$) при наличии тени от него ($K_{\text{т}} = 0,7$) – рис. 2б;

– вариант 3 – обнаружение низкоконтрастного наземного объекта ($K_{\text{о}} = 0,2$) в отсутствие тени ($K_{\text{т}} = 0$). – рисунок 2в.

Оценки производились при следующих исходных данных: поисковый потенциал $b = 100$, линейный размер наземного объекта и тени от него одинаков и равен 6 м, разведка ведется с расстояния 2500 м, яркость фона в пределах сектора поиска $L = 100$ Кд/м^2, размер сектора поиска $Y = 600$ угл. мин.

Графики зависимости вероятности обнаружения наземного объекта от времени для указанных выше трех вариантов обнаружения представлены на рис. 3.

Заключение

Анализ зависимостей показывает, что контраст наземного объекта вносит в обнаружение значительно меньший вклад, чем тень. Это позволяет сделать вывод о том, что применение средств маскировки, снижающих контраст, будет недостаточно эффективным без маскировки (искажения, устранения) тени от наземного объекта.

Таким образом, разработана модель обнаружения воздушным оптико-электронным средством разведки наземного объекта, позволяющая учитывать влияние наличия и характеристик тени на

вероятностно-временные характеристики обнаружения. Показано, что наличие тени вносит существенный вклад в обнаружение объекта.

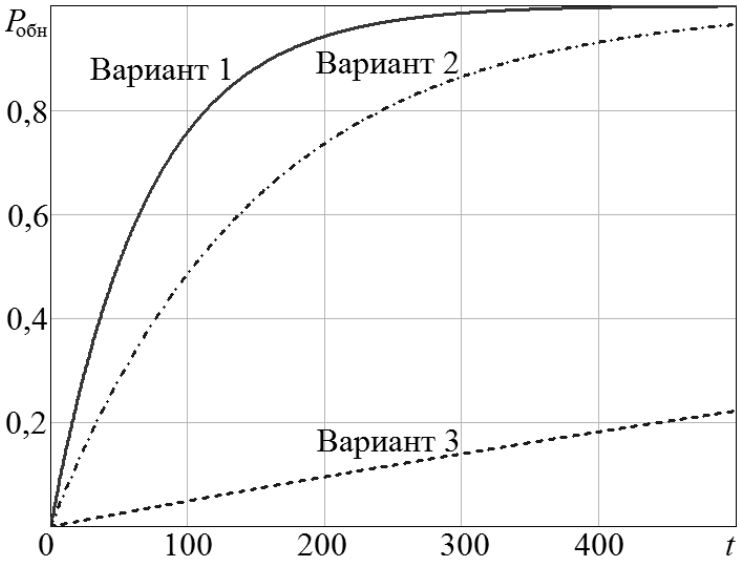


Рис. 3. Графики зависимости вероятности обнаружения наземного объекта от времени

Список литературы

1. Меньшаков Ю.К. Защита от технических разведок: учебное пособие / под общ. ред. М.П. Сычева . – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 478 с.

2. Козирацкий Ю.Л., Донцов А.А., Иванцов А.В. и др. Модели пространственного и частотного поиска. Монография /Под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2014. – 344 с.

3. Мирошников, М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов – Л.: Машиностроение, 1977. – 696 с.

4. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей – М.: Наука, 1969. – 576 с.

5. Козирацкий Ю.Л., Гревцев А.И., Иванцов А.В. и др. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. Монография /Под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.

Моделирование оптико-электронных систем в процессах переработки визуальной информации

Д.А. Ловцов, email: dal-1206@mail.ru[1]
Д.А. Гаврилов, email: gavrilov.da@mipt.ru[1,2]

[1]АО «Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН»
[2] Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе представлен комплекс оценки качества работы систем детектирования и локализации объектов интереса в зависимости от содержания входного видео. Выполнена разработка генератора регистрации входного видеоряда по траекториям движения объектов, траектории движения камеры и искажениям изображения в кадре. Представлено описание основных модулей комплекса, проведены экспериментальные исследования алгоритмов детектирования локализации.*

Ключевые слова: *моделирование оптико-электронных систем, алгоритмы первичной обработки видеосигнала, алгоритмы детектирования и локализации.*

Введение

В настоящее время спутниковые аэрокосмические изображения широко используются для решения множества различных прикладных задач межотраслевого характера [1, 2]. Центральной проблемой в области обработки изображений является создание эффективных автоматизированных оптико-электронных систем наземно-космического мониторинга (АОЭС НКМ), обеспечивающих решение конкретных поставленных задач с высокой точностью, устойчивых к различным оказывающим негативное влияние агрессивным факторам, с четко обозначенным и исследованным диапазоном применимости [3, 4, 5]

Автоматическое сопровождение цели (АЦ) – режим работы АОЭС НКМ, при котором без участия человека-оператора, а только под его контролем обеспечивается изменение ориентации оси или направления движения некоторых элементов комплекса вслед за изменениями траекторий и скоростей движения наблюдаемых объектов [1-4]. Универсальным способом оценки и функционального диагностирования

© Ловцов Д.А., Гаврилов Д.А., 2020

является сравнение вероятностей ошибок алгоритмов, используемых в информационно математическом обеспечении АОЭС НКМ.

Целью работы является моделирование процессов переработки визуальной информации, позволяющее автоматизировать проверку работы АОЭС НКМ. Результат достигается тем, что обеспечивается возможность оценки соответствия между параметрами входного видео и численными коэффициентами оценки качества сопровождения объекта интереса, а также возможность модификации видеосигнала для создания уникальных параметров исходного видео, что дает возможность повышать качество оценки систем обнаружения и сопровождения цели.

1. Постановка задачи

Для достижения поставленной цели разработан комплекс оценки качества работы АОЭС НКМ в зависимости от содержания входного визуального сигнала.

Для решения поставленной задачи необходимо выполнить разработку генератора, при помощи которого по набору определенных параметров регистрируется входящий видеоряд. Параметрами могут являться траектории движения объектов, траектория движения камеры и искажения изображения кадра.

Комплекс оценки качества работы АОЭС НКМ состоит из следующих независимых модулей:

1. Симулятор. Формирует входящее видео, а также записывает исходные данные о движении камеры и целей *(в иностранной литературе - Ground Truth)* – информацию о нахождении отметок на каждом кадре, то есть положения их центров и маски.

2. Визуализатор. Формирует видео с маркерами отметок, обнаруженные АОЭС НКМ.

3. Оценщик. Предоставляет количественные показатели качества работы телеавтомата. Оценщик принимает на вход *Ground Truth* и результат работы АОЭС НКМ, затем проверяет, насколько близки исходные значения с теми, что выдает АОЭС НКМ.

Результатом работы комплекса является соответствие между параметрами входного видео и численными коэффициентами оценки качества сопровождения объекта интереса (трекинга).

Таким образом, одной из важнейших задач исследования является формирование набора объективных параметров, влияющих на качество трекинга. Эти разработанные и сформулированные параметры вычисляются на этапе формирования исходного видеоизображения.

2. Описание симулятора

Симулятор входного видео состоит из трех отдельных модулей:

1. Интерполятор траекторий.
2. Интерполятор динамических параметров.
3. Генератор видео по модели 2,5-мерной сцены.

Схема симулятора изображена на рис. 1.

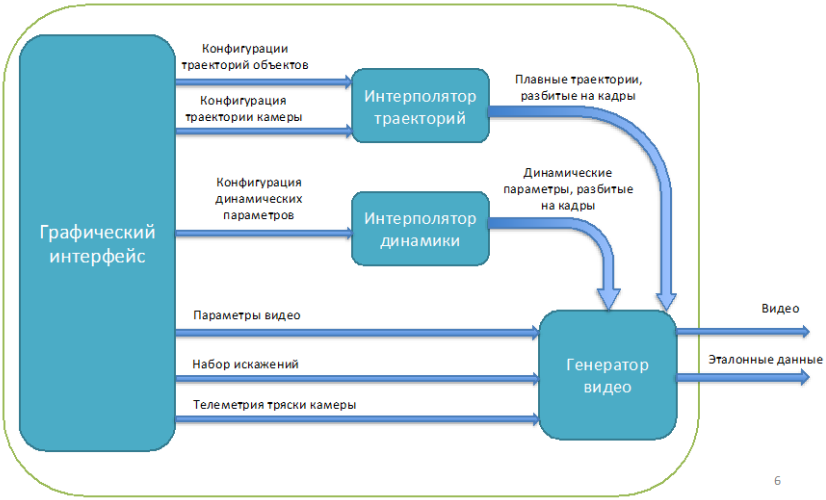


Рис. 1. Высокоуровневая схема симулятора

Интерполятор траекторий осуществляет преобразование входного набора ключевых точек траекторий движения, а также скоростей целей и камеры в плавные траектории, разбитые на кадры с заданной частотой видео.

Интерполятор динамических параметров преобразует набор ключевых точек временной диаграммы динамических параметров в наборы параметров для каждого кадра. Интерполяция между ключевыми точками осуществляется линейно.

Генератор видео по набору дискретных траекторий производит формирование изображения для каждого кадра. Кроме того, генератор занимается записью полной информации о сцене, которая в дальнейшем используется для оценки качества трекинга.

2,5D моделью сцены будем называть сцену, составленную из упорядоченных по удаленности от наблюдателя двумерных слоев. Большинство элементов сцены являются спрайтовыми, то есть представляют собой не объёмные модели, а анимированные двухмерные изображения, претерпевающие проективные преобразования. В общем случае элементы сцены могут подменяться в зависимости от положения (ракурса) объекта относительно наблюдателя. Рассмотрим реализацию 2,5-мерной модели сцены.

Модель может быть описана следующими характеристиками:

– камера фиксирована в одной точке, траекторией камеры является совокупность поворотов направления ее оптической оси;

– изображение фона «прикреплено» к бесконечно удаленной сфере;

– изображения целей не меняют ракурс, спрайты целей могут лишь поворачиваться вокруг оптической оси камеры, приближаться и удаляться. При этом удаление цели от наблюдателя можно заменить масштабом спрайта. Будем называть такую степень свободы 2,5-мерным пространством.

Генератор видео представляет собой модуль, реализованный в среде Matlab, осуществляющий формирование изображения кадра для каждого момента времени.

Основные функции генератора:

1. Определение области фона, попадающей в кадр. Для осуществления данной функции изображение масштабируется с учетом удаленности объекта от камеры и фокусного расстояния объектива, далее к нему применяется вектор трансляции и поворот.

2. Для каждой траектории цели выполняются следующие действия:

– изображение спрайта цели масштабируется и поворачивается в соответствии с заданными значениями масштаба и угла;

– изображение спрайта накладывается на изображение фона текущего кадра по заданным координатам.

В дальнейшем реализацию 2,5-мерной модели сцены будем называть 2,5D-модель

Схематичное представление вычислителя траектории изображено на рис. 2.

Входные данные для симулятора готовятся специально разработанной утилитой, решающей задачу создания плавной траектории движения цели.

На вход подается набор ключевых точек, по которым строится аппроксимированная сплайнами кривая, а также свойства спрайта цели.

Ключевые точки траектории цели задаются в земной системе координат. Для определенности будем считать, что начало координат совпадает с положением камеры, ось *Ox* направлена на север, ось *Oy* — на запад, ось *Oz* —вдоль внешней нормали к земной поверхности.

Для расчета изображения, видимого камерой, требуется ориентация камеры. Для задания направления камеры будем использовать азимутальный и зенитный углы. Таким образом, в промежуточных расчётах используются сферические координаты.

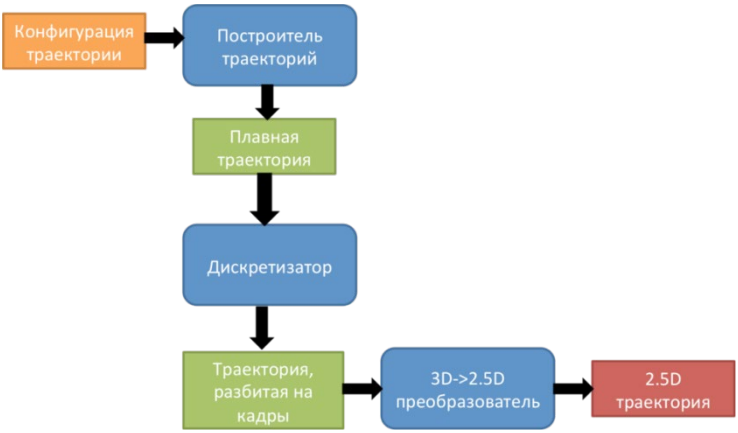


Рис. 2. Вычислитель траекторий

Для расчета изображения, видимого камерой, требуется ориентация камеры. Для задания направления камеры будем использовать азимутальный и зенитный углы. Таким образом, в промежуточных расчётах используются сферические координаты.

В сферической системе координат (ССК) для задания положения точки в трёх измерениях используются три координаты (r, Θ, φ), где r — расстояние до начала координат, а Θ и φ — зенитный и азимутальный углы соответственно. В конфигурации также указывается тип траектории — камера или цель, а также частота кадров видео. Декартовые координаты и скорости указываются в метрах и в метрах в секунду соответственно

Основной задачей генератора видео является создание видео-последовательности по траекториям движения объектов и камеры. Объекты представлены в виде спрайтов и перемещаются на фоне панорамного изображения. Траектория движения камеры в данном случае описывает связь системы координат кадра и реальной системы

отсчета. Кроме того, генератор видео добавляет в каждый кадр искажения в виде помех, параметры которых указаны во входящем задании.

На траекторию движения камеры накладываются вибрации, загруженные из файлов телеметрии. В файле телеметрии представлена информация как о движении машины относительно земли, так и о тряске камеры относительно машины. Таким образом, вычисляется суммарная вибрация камеры относительно земли, которая накладывается на траекторию.

На выход симулятора подаются собираемые в видеопоследовательность изображения сцены, разбитые на кадры, а также набор параметров и *Ground truth* (запись движений камеры и целей).

3. Оценка качества трекинга

В качестве результата трекинга рассматривается маска переднего плана. Далее под маской будем понимать области изображения, занятые отметками. Задачей телеавтомата в данном случае является формирование сегментированной по отметкам маски переднего плана для каждого кадра входного видео.

Основными компонентами оценки результата работы алгоритма являются: сегментация объектов, перезахват, отклонение положения центра, вероятность обнаружения объекта. Общий принцип системы оценки качества работы АОЭС НКМ представлен на рис. 3.

Рис. 3. Принцип работы системы оценки качества АОЭС НКМ

В результате сегментации происходит присвоение ярлыков-меток (*labels*) принадлежности к той или иной отметке. Номером отметки

будем считать метку-ярлык большинства видимых пикселей данной отметки.

Вычисляются следующие характеристики оценки:

– доля пикселей, ошибочно отнесенных к данной отметке (false positive);

– доля пикселей, ошибочно не отнесенных к данной отметке (false negative);

Коэффициенты оценки сегментации численно описываются следующим образом:

1. Коэффициент истинно задетектированных пикселей отметок

$$TP = (Fs \cap Ft)/As.$$

2. Коэффициент ложно-положительно задетектированных пикселей отметок

$$TP = (\mathrm{Ft}\text{-}Fs \cap Ft)/As.$$

3. Коэффициент ложно-отрицательно задетектированных пикселей отметок

$$FN = (-Ft \cap Fs)/As.$$

Перезахватом считается ситуация изменения номера отметки. В качестве количественной характеристики будем считать среднее количество перезахватов, приходящееся на один кадр.

Для определения отклонения положения центра для каждой отметки вычисляется расстояние между ее истинным центром и центром, который вычислил трекер. Затем вычисляется усредненная характеристика по числу отметок и кадров.

Для каждого кадра оценивается успешность q обнаружения объекта в зависимости от размера окрестности ε. При этом успешным обнаружением считается событие, при котором для истинной отметки есть хотя бы один обнаруженный объект, центр которого лежит в радиусе заданной окрестности.

4. Экспериментальные исследования алгоритмов детектирования и локализации

С помощью разработанного комплекса проведены экспериментальные исследования алгоритмов первичной обработки видеосигнала:

1. Алгоритм выделения уникальных фрагментов (алгоритм №1);
2. Алгоритм досвязывания совместно движущихся фрагментов объекта (алгоритм №2);
3. Пирамидальный алгоритм выделения и вычисления свойств объектов, отличающихся от средней интенсивности локального фона (алгоритм №3);

4. Алгоритм и вычисления свойств объектов, отличающихся от локального фона по уровню серого (алгоритм №4).

Основными метриками оценки алгоритмов являются вероятности обнаружения цели и вероятность ложной тревоги. В ходе эксперимента проводились испытания алгоритмов с помощью имитатора видеосигнала на синтетическом видео и реальных видеозаписях фоноцелевой обстановки, а также исследовалась пропускная способность видеосигнала. В результате осуществлялась визуализация и количественная оценка результатов работы каждого из испытываемых алгоритмов. Результаты испытаний в виде усредненных ознакомительных данных представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний алгоритмов

Метод первичной обработки	**Усредненная вероятность обнаружения**	**Усредненная вероятность ложной тревоги**
Алгоритм 1	0.72	0,31
Алгоритм 2	0.79	0,28
Алгоритм 3	0.71	0,35
Алгоритм 4	0.68	0,38

Контроль качества работы алгоритма осуществляется оператором визуально с помощью видеофайла генерируемого модулем «Визуализатор». В ходе проверки фиксируются количественные характеристики качества работы алгоритма и статистические данные, вычисляемые модулем «Оценщик»

Заключение

В ходе выполнения работы получены следующие результаты:

– Разработан комплекс оценки качества работы АОЭС НКМ, обеспечивающий проверку АОЭС НКМ при различных параметрах внешней среды.

– Выполнена разработка генератора регистрации входящего видеоряда, параметрами которого являются траектории движения объектов, траектория движения камеры и искажения изображения камеры.

– Представлено описание основных модулей комплекса оценки качества АОЭС НКМ.

– Представлены основные принципы и критерии оценки качества работы АОЭС НКМ.

– Приведено описание процесса симуляции.

– Проведены экспериментальные исследования алгоритмов первичной обработки видеосигнала, в результате которых осуществлялась визуализация и количественная оценка результатов работы каждого из испытываемых алгоритмов.

Список литературы

1. Ловцов Д.А Моделирование оптико-электронных систем дистанционно пилотируемых аппаратов / Д.А. Ловцов, Д.А Гаврилов // Монография. – М.: «Технолоджи-3000». – 2019. – 164 с.

2. Gavrilov D.A. I. Use of Neural Network Based Deep Learning Techniques for the Diagnostics of Skin Diseases ./ D.A. Gavrilov, A. V. Melerzanov, N. N. Shchelkunov, E. Zakirov // Biomedical Engineering. – 2019. – Vol.52. – № 5. – P. 348–352.

3. Гаврилов Д.А. Программно-аппаратный комплекс тестирования алгоритмов детектирования и локализации объектов в видеопоследовательностях // Научное приборостроение. – 2019. – Т. 29. – № 1. – С. 21 – 28.

4. Lovtsov D. A., Gavrilov D.A. Automated special purpose optical electronic system's functional diagnosis // Int. Semin. Electron Devices Des. Prod. (SED) (24-25 April 2019). – Prague. – 2019. – https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8798409

5. Gavrilov D.A. Quality assessment of objects detection and localization in a video stream // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2019. – Т. 125.– №2. – С. 40–55.

Моделирование работы образовательной организации на основе игровой модели

Я. Е. Львович, email: app@vivt.ru [1]
А. П. Преображенский, email: app@vivt.ru [1]

[1] Воронежский институт высоких технологий

Аннотация. *В данной работе даются предложения по созданию информационной среды в вузе. На ее основе есть возможности для того, чтобы была мотивация в образовательной сфере. В этой связи предлагается использование игровой модели. На ее базе будет обеспечена интеграция по разным управляющим компонентам.*

Ключевые слова: *образовательная организация, моделирование, обучающийся.*

Введение

В создаваемой игровой модели образовательной системы исходят из особенностей иерархической структуры образовательной организации. То есть, рассмотрение начинают со студентов и преподавателей и заканчивают ректоратом. Следует понимать, что для каждого из соответствующих в иерархии уровней можно сопоставить некоторые экономические компоненты, которые требуется подвергать анализу. Есть влияние степени успеваемости обучающихся и качественных характеристик тех знаний, которые ими были получены, на различные экономические компоненты.

Можно говорить о некотором сопоставлении между выставленными оценками и какими-то денежные знаками. Тогда будут наблюдаться процессы, связанные с экономическим развитием во внутренней области игровой сферы. Обучающиеся рассматриваются в виде игроков. За счет выполнения соответствующих видов работ [1] (исполнения заданий по практическим и лабораторным занятиям, посещения лекционных занятий) указанные денежные знаки могут быть взяты. То есть, обучающиеся должны продавать свои знания и выполнять какие-то дополнительные виды работ.

Производственный рейтинг компаний будет увеличиваться, если по каждой производственной цепочке наблюдается соответствие относительно обозначенных сроков и планов. Известно, что в образовательной организации существует конечное число специальностей и направлений. В этой связи, можно говорить об их

© Львович Я. Е., Преображенский А. П., 2020

ранжировании внутри рассматриваемой экономической сферы. Все то время, пока обучающиеся находятся внутри вуза будет рассматриваться, как связанное с игрой. Происходит представление числа семестров с тем числом уровней, которое будет внутри игры.

1. Описание компонентов игровой модели

Осуществление мотивационных действий по отношению к обучающимся [2], чтобы они создавали прочные производственные звенья внутри компаний можно рассматривать в виде ключевой функции внутри игровой сферы.

Таблица 1 иллюстрирует, каким образом внутри образовательных организаций осуществляется моделирование в рамках игровой сферы.

Таблица 1

Компоненты модели в игровой сфере

Название сущности	**Название множества**
Производственный план	Y_{22}
Производственная деятельность	Y_{23}
Производственные компоненты	Y_{24}
Категории товаров	Y_{25}
Идентификатор продукции	Y_{26}
Рубежное тестирование	Y_{27}

Продолжение табл. 1

Название сущности	**Название множества**
Составляющие вопросов	Y_{28}
Характеристики коэффициента сложности	Y_{29}
Характеристики баланса	Y_{30}
Производственные идентификаторы	Y_{31}

здесь:

Y_{22} – в множестве мы наблюдаем идентификатор производственного плана.

Y_{23} – в множестве мы наблюдаем идентификатор деятельности в компании, а также характеристики его названия.

Y_{24} – в множестве мы наблюдаем идентификаторы в компании объектов.

Y_{25} – в множестве мы наблюдаем идентификатор, относящийся к товарным категориям.

Y_{26} – в множестве мы наблюдаем идентификатор продукции.

Y_{27} – в множестве мы наблюдаем идентификатор, связанный с рубежным тестированием.

Y_{28} – в множестве мы наблюдаем идентификатор вопроса. По вопросам может быть несколько вариантов. Например, может рассматриваться ассоциативный массив key =>value. При этом для первого ключа массива мы будем иметь значение, которое равно 1. Для дальнейших ключей значение рассматривается как произведение предыдущих ключей на 2. Для того, чтобы разметить те варианты ответов, которые рассматриваются в виде верных, применяют битовую маску.

Y_{29} – в множестве находится идентификатор, связанный с видами занятий. Также указывается числовое значение >= 1. Происходит процесс умножения оценок обучающихся на указанное значение. Значение определяется видом занятий.

Y_{30} – в множестве размещают идентификатор обучающихся и то значение, которое будет соответствовать сумме его оценок.

Y_{31} – в множестве размещают производственные идентификаторы.

2. Описание управленческих решений

Когда требуется принимать управленческие решения, тогда необходимо опираться на соответствующие модели композиции, они проиллюстрированы в табл. 2-11.

Таблица 2

Компоненты множества «Производственный план»

Характеристики плана	Название подмножества
Характеристики плана в течение семестра	X_{27}
Содержание плана	X_{28}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{27} = (X_{27} \cap Y_{14}) \square (X_{27} \cap Y_{22})$; $X_{28} = (X_{28} \cap Y_{22}) \square (X_{28} \cap Y_{24})$;

здесь:

X_{27} – в множестве будет соответствие между идентификаторами производственных планов и семестровых планов для времени, в течение которого должна быть обеспечена реализация.

X_{28} – в множестве будем наблюдать соответствие между производственными объектами, и тем, какие будут идентификаторы, относящиеся к производственным планам.

Таблица 3

Составляющие множества «Производственная деятельность»

Характеристики плана	**Название подмножества**
Иллюстрация специальностей в производственных процессах	X_{29}
Объединения обучающихся в производственных процессах	X_{30}
Описание объектов в производственных процессах	X_{31}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{29} = (X_{29} \cap Y_4) \square (X_{29} \cap Y_{23})$; $X_{30} = (X_{30} \cap Y_7) \square (X_{28} \cap Y_{23})$;

$X_{31} = (X_{31} \cap Y_{23}) \square (X_{31} \cap Y_{24})$;

здесь:

X_{29} – в множестве мы наблюдаем соответствие между производственной деятельностью и тем, какие идентификаторы в специальностях.

X_{30} – в множестве мы наблюдаем соответствие между производственной деятельностью и тем, какие идентификаторы по группам.

X_{31} – в множестве мы наблюдаем соответствие между производственными объектами и тем, какие существуют идентификаторы в производствах.

Таблица 4

Компоненты множества «Производственные компоненты»

Производственные компоненты	**Название подмножества**
Состав производственной компоненты	X_{32}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{32} = (X_{32} \cap Y_{24}) \square (X_{32} \cap Y_{25})$;

здесь:

X_{32} – в множестве будет содержаться соответствие между идентификаторами производственных компонент и категории товаров, а также значение, которое демонстрирует число категорий по производственной компоненте.

Таблица 5

Составляющие в множестве «Категории товаров»

Категории товаров	**Название подмножества**
Классификация относительно соответствующих категорий	X_{33}
Обучающиеся, связанные с категориями	X_{34}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{33} = (X_{33} \cap Y_{25}) \square (X_{33} \cap Y_{26})$; $X_{33} = (X_{34} \cap Y_{8}) \square (X_{34} \cap Y_{25})$;

здесь:

Y_{33} – в множестве мы наблюдаем соответствие между категориями и тем, какие будут идентификаторы по товарам.

Y_{34} – в множестве мы наблюдаем соответствие между категориями, и тем, какие будут идентификаторы относительно обучающихся в учебном заведении.

Таблица 6

Составляющие в множестве «Идентификатор продукции»

Идентификатор продукции	**Название подмножества**
Характеристики теста по товарам	X_{35}
Товары пользователей	X_{36}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{35} = (X_{35} \cap Y_{26}) \square (X_{35} \cap Y_{27})$; $X_{36} = (X_{36} \cap Y_{8}) \square (X_{36} \cap Y_{26})$;

здесь:

Y_{35} – в множестве содержится соответствие между идентификаторами товаров и тестовых составляющих.

Y_{36} – в множестве содержится соответствие между идентификатором обучающихся и того товара, который создан им.

Таблица 7

Составляющие в множестве «Рубежное тестирование»

Идентификатор продукции	**Название подмножества**
Вопросы по тестовым материалам	X_{37}
Характеристики тестов обучающихся	X_{38}

$X_{37} = (X_{37} \cap Y_{27}) \square (X_{37} \cap Y_{28})$; $X_{38} = (X_{38} \cap Y_{8}) \square (X_{38} \cap Y_{27})$;

здесь:

X_{37} – в множестве содержится соответствие между идентификаторами тестовых материалов и вопросов.

X_{38} – в множестве содержится соответствие между идентификаторами обучающихся и тех тестовых материалов, которые они прошли.

Таблица 8

Составляющие в множестве «Составляющие вопросов»

Составляющие вопросов	**Название подмножества**
Характеристики вопросов	X_{39}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{39} = (X_{39} \cap Y_{19}) \square (X_{39} \cap Y_{28})$;

здесь:

X_{39} – в множестве содержится соответствие между идентификаторами видов занятий и вопросов.

Таблица 9

Составляющие в множестве «Характеристики коэффициента сложности»

Характеристики коэффициента сложности	**Название подмножества**
Значение курса>величина	X_{40}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{40} = (X_{40} \cap Y_{16})$;

здесь:

X_{40} – в множестве содержится идентификатор по виду занятий и величина, иллюстрирующая обменный курс по оценкам на некоторые денежные знаки.

Таблица 10

Составляющие в множестве «Характеристики баланса»

Характеристики баланса	**Название подмножества**
Значение баланса>обучающийся	X_{41}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{41} = (X_{41} \cap Y_8)$;

здесь:

X_{41} – в множестве будет содержаться идентификатор обучающегося, а также численная величина денежных знаков.

Таблица 11

Составляющие в множестве «Производственные идентификаторы»

Производственные идентификаторы	**Название подмножества**
Результат	X_{42}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{42} = (X_{42} \cap Y_8)$;

здесь:

X_{42} – в множестве будет содержаться соответствие между идентификаторами обучающихся и обучающих, величины оценок, в том числе, соотнесенные с соответствующим временным периодом.

Есть возможности для того, чтобы рейтинг повышался. Например, обучающиеся задействованы в некоторых дополнительных работах. Тогда вне плана обучающиеся будут зарабатывать дополнительные оценки. В определенные моменты оценки могут быть низкими. Например, обучающийся может в силу определенных обстоятельств не очень качественно осваивать представленные учебные материалы. Тогда в рамках игровой сферы есть возможности для того, чтобы составить план относительно совокупности дополнительных заданий.

За счет того, что они будут выполнены соответствующим образом, обучающийся будет проводить заработок требуемых оценок. Это иллюстрируется таблицами 12 и 13.

Таблица 12

Компоненты модели в дополнительных работах

Характеристика сущности	**Название подмножества**
Характеристики дополнительной работы	X_{32}
Характеристики заданий	X_{33}

где:

Y_{32} – в множестве будут содержаться идентификаторы по характеристикам дополнительных работ, направлениям, дисциплинам, видам работ, темы лекций, заданий.

Y_{33} – в множестве будут содержаться идентификаторы по заданиям, названиям заданий и интернет-источникам при детальном описании заданий.

Таблица 13

Составляющие в множестве «Характеристики дополнительной работы»

Характеристики дополнительной работы	**Название подмножества**
Характеристики дополнительной работы	X_{32}
Обучающийся/Характеристики дополнительной работы	X_{43}

Иллюстрация модели композиции:

$X_{43} = (X_{43} \cap Y_{32}) \square (X_{43} \cap Y_8)$;

здесь:

X_{43} – в множестве будет содержаться соответствие между идентификаторами обучающихся и дополнительными работами, значения оценок обучающихся.

3. Результаты

За счет моделей композиции возможности для того, чтобы по обучающимся проводить индивидуальное рассмотрение и анализ. Это полезно с точки зрения формирования рейтинговых систем образовательных организаций.

Если сделать визуальное представление, тогда экономическую карту образовательной организации можно представить так, как это показано на рис. 1. По каждому из секторов в круге можно дать связь с некоторым экономическим показателем. При этом количественная характеристика относится к угловой компоненте, а качественная характеристика соотносится с радиусом Состояние, соответствующее некоторому эталону обозначено при помощи жирных линий. Состояние, соответствующее действительности обозначено при помощи пунктирных линий.

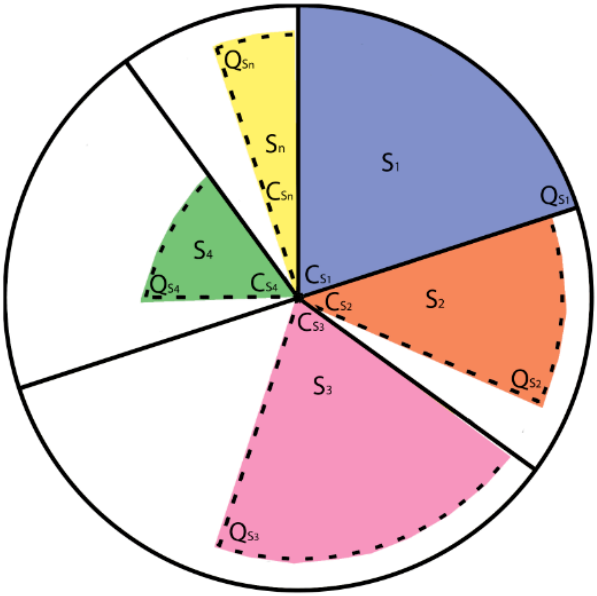


Рис. 1. Иллюстрация визуального представления экономической карты образовательной организации

В экономической карте образовательной организации дадим обозначение секторов в производстве как $W_1 \ldots W_n$. С

производственными секторами связаны производственные планы Y_{22}. Значение радиуса E_{W_n} будет пропорционально качественных характеристик товаров. Значение угла U_{W_n} будет пропорционально числу товаров. Тогда:

$W_i = (W_i \cap X_{28})$;

$E_{W_i} = W_i \cap (X_1 \cap X_4 \cap X_7 \cap X_{29} \cap X_{10} \cap X_{30} \cap$
$\cap X_{19} \cap X_{31} \cap X_{33} \cap X_{34} \cap X_{35} \cap X_{38})$;

$U_{S_i} = W_i \cap (X_1 \cap X_4 \cap X_7 \cap X_{29} \cap X_{10} \cap X_{30} \cap X_{19} \cap$
$\cap X_{31} \cap X_{33} \cap X_{34} \cap X_{36} \cap X_{42})$;

Модель дает возможности оценок по экономическим уровням:

1.Относительно факультетов.
2.Относительно кафедр.
3.Относительно специальностей.
4.Относительно группы и производств.
5.Относительно группы и товаров.
6.Относительно обучающихся и товаров.

Заключение

Таким образом, предложенный подход позволяет проводить анализ работы различных образовательных организаций. На основе результатов моделирования есть возможности для повышения эффективности работы вуза.

Список литературы

1. Преображенский, Ю.П. Квалиметрия учебной деятельности обучающихся в воронежском институте высоких технологий / Ю.П. Преображенский, В.В. Головинова, И.В. Любимов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10. – № 5-2. – С. 161-164.

2. Мотунова, Л.Н. Профессиональное самоопределение студентов вуза как осознанный выбор карьерной стратегии / Л.Н. Мотунова, Ю.П. Преображенский, К.Т. Масаве // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 4 (22). – С. 147-150.

Научно-методический подход к созданию модели восстановления поля температуры воздуха у поверхности земли в условиях дефицита данных наблюдений

А.Б. Мартьяшкин, Р.В. Чуб , e-mail: martsash@mail.ru,

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Предложен научно-методический подход к созданию модели восстановления температуры воздуха у поверхности земли по спутниковой информации в условиях дефицита данных наземных наблюдений*

Ключевые слова: *Поле температуры, спутниковая информация*

Введение

Большая роль в современных исследованиях земной атмосферы отводится метеорологическим искусственным спутникам Земли. Возможность осуществления при их помощи глобальных наблюдений открывает огромные перспективы получения разнообразной информации о состоянии атмосферы и земной поверхности, необходимой для решения широкого ряда научных и прикладных задач.

Появление спутниковой информации положило начало развитию новых методов исследования, поскольку поступающая информация имеет существенное отличие от традиционных наземных наблюдений. Если наблюдения с земной поверхности пространственно дискретны, то данные космических аппаратов позволяют наглядно оценить пространственное поле различных метеовеличин в различных спектральных каналах [1].

1. Научно-методический подход к созданию модели восстановления поля температуры воздуха

Средняя продолжительность существования циклонов по оценкам разных авторов составляет примерно 3 – 5 суток [2]. То есть, воздушные массы, вовлеченные в циклоны, в процессе эволюции последних, претерпевают значительные трансформационные изменения. Как уже отмечалось ранее, в процессе развития циклонов углы закрученности облачных спиралей, соответствующих им возрастают. То есть, степень развития циклона, а значит и продолжительность его существования, можно характеризовать определенными значениями углов закрученности логарифмической облачной спирали. Из этого следует, что трансформационные изменения температуры воздушных масс в

циклоне можно учесть, принимая во внимание углы закрученности облачной спирали.

Чтобы исключить влияние облачного покрова на температуру воздуха рассматривались метеостанции, где наблюдались облака верхнего яруса или облачность отсутствовала вообще.

Исходя из всего вышесказанного, в качестве предикторов для получения уравнений регрессии, по которым можно было бы восстанавливать температуру воздуха у земной поверхности, предлагаются:

- широта точки восстановления температуры воздуха;
- многолетняя среднемесячная температура воздуха у поверхности Земли в точке восстановления;
- угол закрученности облачной спирали, соответствующей циклону (для логарифмических вихрей);
- тип воздушной массы (теплая или холодная), находящейся, соответственно, в теплом секторе или тылу циклона;
- форма атмосферной циркуляции (зональная или меридиональная).

Для выявления тесноты и вида статистической связи между предлагаемыми переменными и проверки необходимости включения всех предлагаемых предикторов в уравнение, был проведен корреляционный анализ исходного материала. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (числитель) и корреляционные отношения(знаменатель) при зональной форме циркуляции

Воздушная масса	Широта места	Многолетняя среднемесячная температура	Угол закрученности
Теплая	0,51 ± 0,02 / 0,75 ± 0,01	0,53 ± 0,02 / 0,78 ± 0,01	0,12 ± 0.03 / 0,61 ± 0,02
Холодная	0,43 ± 0,02 / 0,67 ± 0,01	0,48 ± 0,02 / 0,71 ± 0,01	0,09 ± 0,03 / 0,67 ± 0,02

На основе анализа представленных результатов можно сделать вывод о наличии тесной нелинейной связи между предлагаемыми предикторами и температурой воздуха у земной поверхности (предиктантом). Однако анализ взаимной корреляции между предикторами, показал наличие тесной связи между многолетней

температурой и широтой места. Факт наличия взаимной корреляции между этими величинами не позволяет их совместное использование в регрессионном анализе, то есть один из них необходимо исключить. В данном случае целесообразно исключить широту места, так как между этим предиктором и значением температуры воздуха у поверхности Земли (предиктантом) менее тесная корреляционная связь.

Для определения конкретного вида связи между предлагаемыми величинами и температурой воздуха у поверхности Земли были построены нелинейные (до пятой степени) уравнения регрессии. Проведена оценка точности каждого полученного уравнения и, по результатам выбраны наилучшие из них, которые представлены аналитически в таблице 2. Здесь z - температура воздуха у поверхности Земли, y – угол закрученности облачной спирали, x – многолетняя средняя месячная температура воздуха.

Для проверки необходимости использования двух качественных предикторов предложенных ранее (форма атмосферной циркуляции и тип воздушной массы), были рассчитаны уравнения регрессии без их учета. Проведена оценка точности полученных уравнений путем вычисления среднеквадратической ошибки. Получены следующие результаты: среднеквадратическая ошибка уравнения регрессии при расчете температуры воздуха без учета воздушной массы составила 8,3 º С, без учета формы атмосферной циркуляции 5,1 º С. Эти ошибки значительно выше, чем в уравнениях регрессии полученных с учетом рассматриваемых предикторов. То есть, результаты расчетов подтверждают необходимость использования предлагаемых качественных предикторов.

Таблица 2

Уравнения регрессии и оценка их точности для различных воздушных масс при зональной циркуляции атмосферы

Воздушная масса	Уравнение регрессии	СКО
Теплая	$z = 1{,}84x + 0{,}67y - 0{,}01x^2 - 0{,}003xy - 0{,}005y^2 - 25{,}47$	2,19
Холодная	$z = 0{,}75x - 1{,}13y + 0{,}002x^2 + 0{,}001xy + 0{,}009y^2 + 33{,}99$	0,99

Для случаев, когда облачный массив имеет вид длинной облачной полосы, сильно вытянутой в меридиональном направлении,

соответствующей квазистационарному атмосферному фронту, то есть при меридиональной форме циркуляции, целесообразно использовать в качестве предиктора только многолетнюю среднюю месячную температуру воздуха и учитывать тип воздушной массы. И действительно, исследования показали в этом случае наличие тесной линейной связи (так как коэффициенты корреляции и корреляционные отношения равны) между рассматриваемыми переменными. Коэффициенты, характеризующие вид и тесноту статистической связи представлены в таблице 3.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции и корреляционные отношения при меридиональной форме циркуляции

Воздушная масса	Коэффициент корреляции	Корреляционное отношение
Теплая	0,68 ± 0,02	0,68 ± 0,02
Холодная	0,73 ± 0,01	0,73 ± 0,01

В результате регрессионного анализа методом наименьших квадратов получены линейные уравнения регрессии, представленные в таблице 4.

Таблица 4

Уравнения регрессии для меридиональной формы циркуляции

Воздушная масса	Уравнения регрессии	Среднеквадратическое отклонение
Теплая	y = 0,77x + 7,28	2,75
Холодная	y = 0,85x - 1,29	2,63

Для оценки качества полученных уравнений регрессии для восстановления температуры воздуха у поверхности Земли, была проведена их проверка на независимом материале. Результаты сведены в таблицу 5.

Таблица 5

Критерии успешности восстановления температуры воздуха у земной поверхности

Воздушная масса	Форма циркуляции	Коэффициент корреляции	Средняя абсолютная ошибка	Среднеквадратическая ошибка
Теплая	Зональная	0,71	2,5	3,1
Холодная	Зональная	0,68	1,9	2,4
Теплая	Меридиональная	0,59	2,9	3,6
Холодная	Меридиональная	0,65	2,7	3,4

Анализ данных, представленных в таблице 5, позволяет сделать вывод о наличии довольно тесной корреляции между рассчитанными и реально наблюдавшимися значениями температуры воздуха. В тоже время имеет место достаточно большая среднеквадратическая и средняя абсолютная ошибка восстановления температуры. Однако простота и возможность использования полученных зависимостей при частичном или полном отсутствии данных наземных наблюдений делает их полезными в практике метеорологических подразделений ВС РФ.

Заключение

В результате выполненной работы получены физико-статистические модели, позволяющие восстанавливать температуру воздуха у поверхности Земли в утренние сроки (около 09.00).

Для восстановления поля температуры у поверхности Земли в области облачного массива необходимо:

- определить форму атмосферной циркуляции;
- идентифицировать облачный массив;
- выделить область восстановления температуры;
- снять параметры логарифмической кривой;
- определить тип воздушной массы;
- по климатическим данным определить многолетнюю среднемесячную температуру воздуха у поверхности Земли в заданной «точке» восстановления температуры;
- выбрать подходящие зависимости;

- произвести вычисления.

Следует особенно отметить, что полученные зависимости необходимо использовать только в пределах облачных вихрей и облачных полос. Точнее, полученные зависимости справедливы только внутри прямоугольника описывающего рассмотренные облачные поля. Причем, при меридиональной циркуляции длина стороны прямоугольника, перпендикулярная фронту, не должна превышать трехкратной ширины фронта.

При наличии у пользователя ПЭВМ целесообразно сформировать и использовать базу данных многолетней средней месячной температуры воздуха на каждой метеорологической станции или в узлах сетки точек с любым заданным шагом.

Список литературы

1. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 283 с.

2. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. ч. I. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 530 с.

Методика оптимизации прогностических методов с учетом физико-географических условий местности

А. Н. Маслобойщиков, email: masan-29@mail.ru
П. И. Серебрянский

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *Рассмотрена методика оптимизации прогностических методов с учетом особенностей развития метеорологических условий над определенной физико-географической территорией.*

Ключевые слова: *Методика, оптимизация прогностического метода, метеорологические условия*

Введение

Одним из современных направлений повышения качества метеорологического обеспечения потребителя является оптимизация прогностических методов, или выбор наилучшего метода прогноза метеорологической величины (явления) из нескольких или нахождение лучшего параметра, характеризующего прогностические связи [1].

При разработке новых прогностических методов разработчик, как правило, использует метеорологические архивные материалы определенного района или пункта Земного шара. Опыт оперативно-прогностической работы метеорологических подразделений показывает, что такие методы относительно успешно применяются в отдельных районах, но совершенно неэффективны для других.

Данное положение связано с тем, что физические условия формирования атмосферных явлений определяется не только типом атмосферной циркуляции и климатом района, но и влиянием местных физико-географических условий. Атмосферные процессы, протекающие в приземном слое подвержены сильному влиянию со стороны рельефа местности, так повторяемость сложных метеорологических условий и опасных явлений погоды значительно больше на наветренной стороне различных возвышенностей, чем с подветренной [2, 3].

Поэтому, при определенных условиях, местные факторы могут выступать как решающие и оказывать доминирующее влияние на качество прогностической метеорологической информации и оправдываемость метода прогноза в целом.

© Маслобойщиков А. Н., Серебрянский П. И., 2019

Следовательно, для успешного использования новых прогностических методов в определенном физико-географическом районе, необходимо выполнить оценку эффективности их применения на основе местного архивного материала.

Цель настоящей работы состоит в разработке алгоритма оптимизации прогностических методов с учетом особенностей метеорологических условий определенного района Европейской территории России (ЕТР).

1. Оценка прогностических методов

Рассмотрим методический подход к проведению оценки прогностических методов, на примере методов прогноза опасных явлений погоды (прогноза грозы) по югу ЕТР (станция Ростов-на-Дону) в теплое время года (с мая по сентябрь) за период с 1996 по 2018 годы. Архивная выборка состояла из 426 случаев.

В настоящее время, в оперативной практике наиболее частое применение имеют методы Вайтинга и Фауста [3]. При использовании статистического метода Вайтинга для прогноза гроз рассчитывается критерий грозоопасности – индекс неустойчивости Ki (число Вайтинга). Минимальное значение которого при наличии гроз составляет $Ki = 20$. Для синоптико-статического метода Фауста используется критерий δT (минимальное значение $\delta T = -3$).

Процедура оценки указанных методов прогноза гроз и выявление наиболее эффективного и информативного, условно разделена на три этапа. На первом этапе, используется архивный материал, производится определение прогностических критериев и составление альтернативных прогнозов грозы. Такие прогнозы составляются для всех значений исследуемых критериев, для индекса неустойчивости Ki (20, 25, 30), для критерия δT (0, -3, -6).

Второй этап заключается в сравнительном анализе разработанных прогнозов и фактической погоды (наличие или отсутствия грозы). На практике, в зависимости от сочетаний прогноза и фактической погоды наблюдаются следующие возможные ситуации: гроза прогнозировалась и фактически наблюдалась (n_{11}); гроза не прогнозировалась, а фактически наблюдалась (n_{12}); гроза прогнозировалась, а фактически не наблюдалась (n_{21}); гроза не прогнозировалась, а фактически наблюдалась (n_{22}).

Указанные случаи позволяют составить таблицу сопряженности и провести детализированную оценку эффективности применения

указанных методов для исследуемого физико-географического района (табл. 1).

Таблица 1

Результаты испытаний прогностических методов

Возможные ситуации	Критерий Вайтинга			Критерий Фауста		
	20	25	30	0	-3	-6
n_{11}	134	126	84	105	110	98
n_{12}	13	27	42	77	81	79
n_{21}	136	101	78	41	66	34
n_{22}	143	172	222	203	169	215

2. Определение оценочных критериев

На заключительном этапе, производится определение оценочных критериев и их анализ (табл. 2). В качестве оценочного критерия для альтернативных прогнозов используется критерий точности Q (критерий А.М. Обухова), который определяет отношение разности качества методического и случайного прогнозов к разности качества идеального и случайного климатологического прогнозов [3].

Данный критерий определяется по формуле:

$$Q = 1 - (\alpha + \beta). \tag{1}$$

где

$$\alpha = \frac{n_{12}}{n_{11} + n_{12}}. \tag{2}$$

характеризует относительное число случаев гроз, не предусмотренных в прогнозе, т.е. возникших неожиданно (ошибка риска);

$$\beta = \frac{n_{21}}{n_{21} + n_{22}}. \tag{3}$$

характеризует относительное число случаев, когда в прогнозе ошибочно ожидалась гроза, но фактически отсутствовала (ошибка страховки).

Таблица 2

Значения оценочных критериев

Оценочные критерии	Критерий Вайтинга			Критерий Фауста		
	20	25	30	0	-3	-6
α	0,1	0,18	0,33	0,42	0,42	0,45
β	0,48	0,37	0,26	0,17	0,28	0,14
Q	0,42	0,45	0,41	0,41	0,3	0,44

Анализ рассчитанных критериев показывает, что чем меньше сумма ошибок риска и страховки, тем больше успешность прогностического метода при его использовании для прогноза наличия и отсутствия грозы.

Следовательно, критерий Вайтинга имеет незначительное преимущество, поэтому на практике ему необходимо отдавать предпочтение.

Заключение

Таким образом, в работе предлагается методика оптимизации прогностических методов с учетом особенностей развития метеорологических условий над определенной физико-географической территорией.

Список литературы

1. Скирда, И. А. Авиационные прогнозы погоды : учебное пособие / И. А. Скирда, И. И. Ульшин, А. Б. Мартьяшкин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 476 с.

2. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. – Часть 1 – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 702 с.

3. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиофизических прогнозов : РД 52.27.284-91. – М. : Комитет по гидрометеорологии при кабинете министров СССР. – 149 с.

Анализ свойств альтернативных МНК-оценок в задаче параметрической идентификации распределенных динамических процессов

М. Г. Матвеев, email: matveev_mg@yandex.ru
Е. А. Сирота, email: atoris@list.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Одной из наиболее сложных задач параметрической идентификации является задача оценки изменяющихся параметров моделей распределенных динамических процессов на основе статистических методов [1,2]. Существует проблема выбора такого метода оценивания, который обеспечил бы приемлемые значения статистических свойств оценки: стандартную ошибку и смещение. Объектом нашего исследования является метод наименьших квадратов (МНК) – эффективный и наиболее простой в применении. Задача статьи – исследование возможности применения альтернативных МНК-оценок для параметрической идентификации моделей распределенных динамических процессов.*

Ключевые слова: *метод наименьших квадратов, параметрическая идентификация, модель, распределенные динамические процессы.*

Введение

Если процессы адекватно описываются линейными дифференциальными уравнениями, то для получения оценок удобно перейти к разностным уравнениям. Например, для однородного уравнения конвективной диффузии с одной пространственной переменной приведенное разностное уравнение для i-го узла в k+1 момент времени будет иметь вид [4]:

$$y_i^{k+1} = a_1 y_{i-1}^k + a_2 y_i^k + a_3 y_{i+1}^k \qquad (1)$$

с заданными начальными и краевыми условиями:

$$y_i^0 = c_i, \quad y_{i-1}^k = b_{i-1}^k, \quad y_{i+1}^k = b_{i+1}^k, \quad \forall k \qquad (2)$$

где i – дискретные значения пространственной координаты, k дискретное время; вообще говоря, необходимый индекс i у параметров

© Матвеев М. Г., Сирота Е.А., 2020

$a = (a_1; a_2; a_3)$ здесь и далее опущен для упрощения записи; $a_1 + a_2 + a_3 = 1$, что обеспечивает консервативность схемы. Напомним, что схема называется консервативной, если она отражает на сетке те же законы сохранения, которые присутствовали в исходной дифференциальной задаче [5].

Значения переменной y_i^k измеряется в каждом узле i с погрешностью ξ_i^k, формируемой случайным процессом типа «белый шум». Измеренное значение будем обозначать $x_i^k = y_i^k + \xi_i^k$. Тогда выражения (1) и (2) можно записать в форме авторегрессионной зависимости, описывающей, вообще говоря, нестационарный временной ряд:

$$\begin{aligned} x_i^{k+1} &= a_1(x_{i-1}^k - \xi_{i-1}^k) + a_2(x_i^k - \xi_i^k) + a_3(x_{i+1}^k - \xi_{i+1}^k) + \xi_i^{k+1} \\ &= a^T \cdot x^k + \omega_i \end{aligned} \qquad (3)$$

где $\omega_i = \xi_i^{k+1} - a^T \cdot \xi^k$; T – здесь и далее знак транспонирования. Значения начальных и краевых условий также определяются результатами измерений. Как правило, временные ряды в смежных узлах аппроксимирующей сетки сильно коррелированны между собой, что вместе с нестационарностью обуславливает проблемы получения МНК-оценок $\hat{a}$ с удовлетворительными статистическими свойствами. В частности, в этом случае оценки параметров будут смещенными [3]. Несмещенные оценки можно получить с применением методов «остационирования» [6] и связанных с ними процедур и критериев определения типа процесса, существенно усложняющие алгоритмы нахождения оценок по сравнению с прямым применением МНК. Поэтому представляется актуальным исследование границ применимости прямого использования МНК, тем более, что в ряде наших предыдущих исследований нестационарных процессов изменения температурных полей атмосферы [7,8,9] МНК демонстрировал вполне приемлемые результаты.

Наличие смещения, вообще говоря, не всегда определяет отказ от применения МНК, т.к. качество оценки задается комбинацией стандартной ошибки оценки и ее смещения. В этой связи актуальным представляется исследование указанных свойств при оценке параметров авторегрессии (3) с условиями (2) при различных уровнях помех наблюдения. Нас также будет интересовать, как изменяются свойства оценок при изменении степени корреляции между регрессорами.

1. Методика исследования

Мы будем исследовать зависимость стандартной ошибки оценки параметров, δ и смещения, Δ от уровня помехи наблюдения, ξ и коэффициента парной корреляции r_{ij} между *i*-м и *j*-м временными рядами в соответствующих узлах. Статистические данные для исследования были получены в виде аналитического решения однородного уравнения конвективной диффузии [4]

$$\begin{aligned} &\frac{\partial y}{\partial t} + \nu \frac{\partial y}{\partial l} = D \frac{\partial^2 y}{\partial l^2}, \\ &y(0, l) = \varphi(l), \\ &y\left(t, l^{\min}\right) = f_1(t), \quad y\left(t, l^{\max}\right) = f_2(t), \end{aligned} \tag{4}$$

$$y(t, l) = \exp\left(\frac{\nu}{2D}\left(l - \frac{\nu t}{2}\right)\right) \cdot \tag{5}$$

$$\cdot \left(\exp(-Dt)\sin(l) + \exp(-4Dt)\sin(2l) + \exp(-9Dt)\sin(3l\right.$$

Решение $y(t,l)$ было дискретизировано в узлах регулярной сетки t_k, l_i. В каждом узле к полученному значению y_i^k добавлялась аддитивная помеха ξ_i^k интенсивность которой менялась в ходе исследования.

Для оценки влияния мультиколлинеарности рядов на стандартную ошибку и смещение оценки использовалась следующая процедура. Поскольку временные ряды в смежных узлах сильно коррелированы, можно предположить наличие линейной зависимости уровней соответствующих временных рядов записать выпуклую линейную комбинацию

$$y_i^k = \beta_1 y_{i-1}^k + \beta_2 y_{i+1}^k,$$

где

$$y_i^k = x_i^k - \xi_i^k, \quad \beta_1 + \beta_2 = 1.$$

Тогда

$$x_i^k = \beta_1 x_{i-1}^k + \beta_2 x_{i+1}^k + \xi^k, \tag{6}$$

где

$$\varepsilon^k = \xi_i^k - \beta_1 \xi_{i-1}^k - \beta_2 \xi_{i+1}^k.$$

Подставим выражение (6) в (3), получим:

$$x_i^k = (a_1 + a_2\beta_1)x_{i-1}^k + (a_2\beta_2 + a_3)x_{i+1}^k + \xi_i^{k+1} - \xi_{\sum}^k = \\ = \theta_1 x_{i-1}^k + \theta_2 x_{i+1}^k + \Delta\xi, \tag{7}$$

где $\xi_{\sum}^k$ - выпуклая линейная комбинация помех $\xi_{i-1}^k, \xi_i^k, \xi_{i+1}^k$.

Выражение (7) позволяет построить систему линейных уравнений относительно параметров a_1, a_2, a_3.

$$a_1 + a_2\beta_1 = \theta_1, \\ a_2\beta_2 + a_3 = \theta_2, \\ a_1 + a_2 + a_3 = 1. \tag{8}$$

В дальнейшем, оценки параметров a, полученные решением системы (8) будем называть альтернативными МНК-оценками, в отличие от прямых МНК-оценок.

МНК-оценки параметров β_1 и β_2 можно получить в виде

$$\hat{\beta} = \left(X^T X\right)^{-1} X^T x_k, \tag{9}$$

Где X - матрица наблюдений в узлах $t-1$ и $t+1$; x_k - вектор наблюдений в узле i в моменты времени k.

Оценки параметров θ_1 и θ_2 получаются в виде

$$\hat{\theta} = \left(X^T X\right)^{-1} X^T x_{k+1} \tag{10}$$

где x_{k+1} – вектор наблюдений в узле i в моменты времени $k+1$.

Оценки (9) и (10) будут смещенными. Величина смещения определяется соответствующими выражениями:

$$\Delta\beta = \left(X^T X\right)^{-1} X^T \xi \\ \Delta\theta = \left(X^T X\right)^{-1} X^T \Delta\xi \tag{11}$$

Альтернативные МНК-оценки вектора параметров a будут отличаться от соответствующих оценок, полученных с использование прямого МНК. Отличие, в основном, будет обусловлено разной степенью коррелированности регрессоров, поскольку коррелированность не смежных регрессоров в (6) и (7) будет ниже, чем коррелированность смежных регрессоров в (3). Прямой МНК использует три регрессора с высокими значениями парной корреляции, а альтернативный подход два регрессора, корреляция которых

объективно ниже. Альтернативный подход соответствует переходу от исходной, плохо обусловленной системы уравнений к лучше обусловленной эквивалентной системе.

Можно рассмотреть и другой способ получения альтернативных МНК-оценок, который также в отличии от основного уравнения будет использовать только два регрессора, корреляция которых ниже, а сама система обусловлена лучше исходной. Используя условие консервативности, перепишем уравнение (3) следующим образом

$$x_i^{k+1} = a_1 x_{i-1}^k + (1 - a_1 - a_3) x_i^k + a_3 x_{i+1}^k =$$
$$= x_i^k + a_1 \left(x_{i-1}^k - x_i^k \right) + a_3 \left(x_{i+1}^k - x_i^k \right),$$
$$x_i^{k+1} - x_i^k = a_1 \left(x_{i-1}^k - x_i^k \right) + a_3 \left(x_{i+1}^k - x_i^k \right).$$

Таким образом, относительно разностей

$$\Delta x_i^k = x_i^{k+1} - x_i^k ; \Delta x_{i-1}^k = x_{i-1}^k - x_i^k ; \Delta x_{i+1}^k = x_{i+1}^k - x_i^k$$

получаем новое уравнение, которое содержит лишь два регрессора

$$\Delta x_i^k = a_1 \Delta x_{i-1}^k + a_3 \Delta x_{i+1}^k \qquad (12)$$

Таким образом, находим МНК – оценки параметров a_1 и a_3, а параметр a_2 находим из условия консервативности

$$a_2 = 1 - a_1 - a_3 .$$

2. Описание условий численных экспериментов и обсуждение результатов

Выборочная статистика, необходимая для модельного исследования была получена с использованием аналитического решения (4) дифференциального уравнения (5). Аналитическое решение было дискретизировано по времени и пространственной координате. Было получено разностное уравнение (1) со следующими значениями параметров: $a_1 = 0.2583, a_2 = 0.5, a_3 = 0.2417.$

В соответствии с методикой исследования к значениям переменной y_i в соответствующих узлах сетки была добавлена аддитивная помеха наблюдения ξ_i^k, полученная с помощью генератора независимых случайных чисел гауссовского типа с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией σ_ξ^2. Интенсивность помехи $c \cdot \sigma_\xi^2$ задавалась на уровнях: $c = 0.1, c = 0.01, c = 0.0025, c = 0.001.$

При этом доля помехи составила соответственно 40%; 4%; 1% и 0,4% от среднеквадратической величины амплитуды полезного сигнала, что позволило разделить полученную статистику на данные: с высоким (40%), средним (4%) и низким (1% и 0,4%) уровнями помех.

Изменение мультиколлинеарности достигалось выбором метода получения решения задачи идентификации параметров: либо прямыми МНК-оценками для уравнения (3), либо альтернативными МНК-оценками в виде решения системы уравнений (8), а также уравнения (12).

В [3] показано, что уровень корреляции в смежных узлов отличается от соответствующего значения в несмежных узлах примерно на 20%.

Для получения надежных результатов оценок смещения и стандартной ошибки, допускающих сравнения числовых величин, эксперименты во всех режимах повторялись 1000 раз и их результаты усреднялись.

Прямые МНК-оценки параметров, а также альтернативные МНК-оценки приведены в таблице 1 для различных уровней помехи наблюдения. Для анализа эффективности рассматриваемых методов в таблице 2 и таблице 3 приведены значения смещений для каждого метода, а также стандартных ошибок оцениваемых параметров.

Таблица 1

Сравнение МНК-оценок при различной интенсивности помех (первый способ)

c	МНК-оценки параметров при различной интенсивности помех							
	Прямые МНК-оценки Коэфф. парн. корр. регрессоров $\geq 0{,}97$				Альтернативные МНК-оценки (I способ) Коэфф. парн. корр. регрессоров=0,76			
	a_1	a_2	a_3	Σa	a_1	a_2	a_3	Σa
0,1	0,396	0,3293	0,2661	0,9912	0,3904	0,331	0,2786	1
0,01	0,352	0,3375	0,3100	0,9995	0,3483	0,3399	0,3118	1
0,0025	0,273	0,4730	0,2540	1,0002	0,2657	0,4889	0,2454	1
0,001	0,261	0,4951	0,2434	0,9998	0,2594	0,4992	0,2415	1
Истин значе ния	0,258	0,5000	0,2417	1	0,2583	0,5000	0,2417	1

Таблица 2

Сравнение МНК-оценок при различной интенсивности помех (второй способ)

с	МНК-оценки параметров при различной интенсивности помех						
	Прямые МНК-оценки Коэфф. парн. корр. регрессоров $\geq$ 0,97				Альтернативные МНК-оценки (II способ) Коэфф. парн. корр. Регрессоров=0,76		
	a_1	a_2	a_3	Σa	a_1	a_2	a_3
0,1	0,395	0,329	0,266	0,991	0,3903	0,33097	0,27863
0,01	0,352	0,338	0,310	0,999	0,3483	0,33991	0,31177
0,0025	0,273	0,473	0,254	1,000	0,2656	0,48919	0,24521
0,001	0,261	0,495	0,243	0,999	0,2605	0,49706	0,24239
Истин значен	0,258	0,500	0,242	1	0,2583	0,5000	0,2417

Анализ таблиц 1 и 2 показывает, что удовлетворительные оценки параметров во всех трех подходах достигаются только при низком уровне помех. Но фундаментальное свойство консервативности сохраняется с высокой точностью на всех уровнях помех даже в прямых МНК-оценках, где соотношение $a_1 + a_2 + a_3 = 1$ явно не заложено в решение задачи идентификации.

Возможность более подробного анализа полученных результатов представляют таблицы 3, 4.

Таблица 3

Оценки средней величины смещения рассматриваемых методов при различной интенсивности помех (прямой МНК и первый способ)

с	Оценки средней величины смещения					
	Смещение прямых МНК-оценок, $r_{xx} \geq 0{,}97$			Смещение альтернативных МНК-оценок, $r_{xx} = 0{,}76$		
	Δa_1	Δa_2	Δa_3	Δa_1	Δa_2	Δa_3
0,1	0,1375	0,1707	0,0244	0,13207	0,16903	0,03692
0,01	0,0937	0,1625	0,0683	0,09002	0,1601	0,07007
0,0025	-0,0140	0,0270	0,0125	0,00737	0,0111	-0,00364
0,001	-0,0030	0,0049	-0,0017	-0,00225	0,0029	0,00069

Таблица 4

Оценки средней величины смещения рассматриваемых методов при различной интенсивности помех (прямой МНК и второй способ)

c	Оценки средней величины смещения					
	Смещение прямых МНК-оценок, $r_{xx} \geq 0{,}97$			Смещение альтернативных МНК-оценок, $r_{xx} = 0{,}76$		
	Δa_1	Δa_2	Δa_3	Δa_1	Δa_2	Δa_3
0,1	0,1375	0,1707	0,0244	0,1321	0,1690	0,0369
0,01	0,0937	0,1625	0,0683	0,0900	0,1601	0,0701
0,0025	-0,0140	0,0270	0,0125	0,0074	0,0111	-0,0037
0,001	-0,0030	0,0049	-0,0017	-0,0010	0,0008	0,0002

Анализ полученных результатов удобно проводить основываясь на двух источниках смещения и стандартной ошибки: наличия ошибки наблюдения и мультиколлинеарности. Смещения прямых МНК-оценок при наличии коррелированности регрессоров с погрешностями наблюдения были определены в работе [3], а также приблизительное выражение смещение альтернативных МНК-оценок. Величина смещения зависит от двух факторов: помехи наблюдения, ξ_i^k и погрешности обращения матрицы ($X^T X$), связанные с ее плохой обусловленностью. Существенное изменение числа обусловленности матрицы $X^T X$ за счет применения альтернативного подхода достигается только при низком уровне помех. Как следствие, при высоком и среднем уровне помех изменение числа обусловленности практически не влияет на величину смещения (таблица 2). Отсюда можно сделать вывод о том, что при высоком и среднем уровне помех наблюдения именно они оказывают доминирующее влияние на величину смещения оценок a как при обоих подходах. При малых помехах доминирующую роль в формировании смещения начинает играть погрешность обращения матрицы $X^T X$. В этом случае применение альтернативных МНК-оценок существенно уменьшает смещение

Заключение

Проведенное исследование показало, что при низком уровне погрешностей наблюдения (1% и ниже) применение прямых МНК-

оценок для идентификации параметров распределенных динамических процессов дает удовлетворительные результаты. При этом величина смещения всегда несколько больше величины стандартного отклонения оценки параметра, что не позволяет пренебрегать смещением, особенно при высоком и среднем уровне погрешностей наблюдения. Применение альтернативных МНК-оценок (оба подхода получения альтернативных оценок дают примерно одинаковые результаты) позволяет уменьшить мультиколлинеарность в выборочной статистике и при любом уровне погрешностей наблюдения существенно снижает стандартную ошибку оценки параметров. На величину смещения альтернативные МНК-оценки оказывают положительное влияние лишь при низком уровне погрешностей наблюдения.

Прямые МНК-оценки параметров можно улучшить с помощью альтернативных МНК-оценок, но только при низком уровне погрешностей наблюдения.

Список литературы

1. Guo, L. Z. Identification of Partial Differential Equation Models for a Class of Multiscale Spatio-Temporal Dynamical Systems / Guo, L. Z., Billings, S. A., Coca, D. // Department of Automatic Control and Systems Engineering University of Sheffield, S1 3JD, UK Research Report No. 945. 2006.

2. Parameter Estimation of Partial Differential Equation Models / Xiaolei Xun [and others // Journal of the American Statistical Association, 2013. V. 108-503.

3. Носко, В. П. Эконометрика. Введение в регрессионный анализ временных рядов / В. П. Носко // М.: НФПК. – 2002. – 273 с.

4. Matveev, M.G. Parameters identification of a distributed dynamical model using combined approach / M. G. Matveev, A.V. Kopytin, E. A. Sirota // Journal of Physics: Conference Series, V.1096, 2018. 012068.

5. Самарский, А.А. Теория разностных схем / А.А. Самарский // М.: Наука . – 1978. – 376 с.

6. Гребенюк, Е.А. Методы анализа нестационарных временных рядов с неявными изменениями свойств / Е.А. Гребенюк // Автоматика и телемеханика. – 2005. – С. 1-28.

7. Матвеев, М.Г. Комбинированные модели нестационарных временных рядов с изменяющимися состояниями / М.Г. Матвеев, Е.А. Сирота // Вестник ВГУ, серия «Системный анализ и информационные технологии». – №3. – 2016. – С. 50-61.

8. Matveev, M.G. Modeling of Nonstationary Distributed Processes on the Basis of Multidimensional Time Series / M.G. Matveev, A.V. Kopytin,

E.A. Sirota, E.A. Kopytina // Procedia Engineering . – Volume 201, – 2017. – Pages 1-862.

9. Копытин, А.В. Применение расширенного фильтра Калмана для идентификации параметров распределенной динамической системы / А.В. Копытин, Е.А. Копытина, М.Г. Матвеев // Вестник ВГУ, серия «Системный анализ и информационные технологии» . – №3. – 2018. – С. 44-50

Учет аэродинамического показателя качества дозвукового беспилотного летательного аппарата с установленной противообледенительной системой при оценке дальности и продолжительности полета

А. В. Мельников, e-mail: alexei.melnikov90@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *На основе значений аэродинамического качества, минимальной и наивыгоднейшей скорости полета дозвукового беспилотного летательного аппарата с установленной противообледенительной системой рассчитаны его дальность и продолжительности полета.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, БпЛА, обледенение, наивыгоднейшая скорость, минимальная скорость, XFLR5, расход топлива, дальность полета, продолжительность полета.*

Введение

В настоящее время в практической деятельности ВС РФ остро стоит проблема обеспечения функционирования беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) класса «мини» в условиях обледенения. Опыт применения БпЛА данного класса показал, что даже над территорией пустынных районов местности, на высотах от 1000 до 1500 метров также возникают метеорологические условия, приводящие к кристаллизации переохлажденных капель жидкости на передней кромке крыла [1]. В процессе обледенения нарастает критическая масса льда, что приводит к неконтролируемому снижению и крушению БпЛА.

В работах [2, 3] предложен и обоснован способ защиты от обледенения, основанный на закреплении защитной пленки с низкой теплопроводностью на передней кромке крыла БпЛА. В тоже время, установка дополнительных элементов противообледенительной системы (ПОС) приведет к изменению исходного профиля крыла, в результате чего изменятся аэродинамические характеристики БпЛА, увеличится нагрузка на двигатель, повысится расход топлива, что приведет к уменьшению времени нахождения в полете.

Целью работы является оценка дальности и продолжительности полета дозвукового БпЛА с учетом изменения аэродинамического показателя качества после установки ПОС.

© Мельников А. В., 2020

1. Расчет минимальной и наивыгоднейшей скорости полета

Реализация предложенной ПОС [2–3] подразумевает установку конусов на верхней плоскости и крючков на нижней плоскости крыла, предназначенных для крепления защитной пленки. В дальнейших исследованиях будем использовать широко применяемый в авиамоделизме профиль крыла CLARK-Y, который после установки элементов ПОС изменится и будет иметь вид, показанный на рис. 1 CLARK-Y_POS.

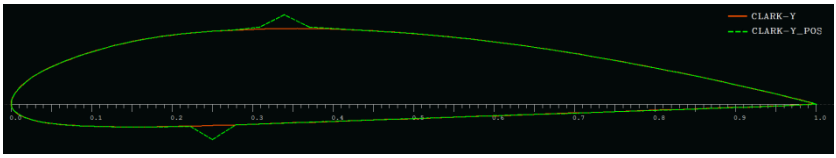


Рис. 1. Отображение профилей CLARK-Y и CLARK-Y_POS в программе Direct Foil Design

Далее оба профиля в цифровом виде занесем в программу XFLR5, которая позволяет продувать создаваемые модели в виртуальной аэродинамической трубе и представляет из себя пакет из четырех компонентов [5]:

- Direct Foil Design – компонент, позволяющий загрузить исследуемый профиль, провести его начальную настройку для последующих расчетов;
- XFoil Inverse Design – на основе ранее загруженных профилей позволяет создавать новые профили;
- XFoil Direct Analisis – расчет основных характеристик исследуемого профиля – поляра профиля при заданных углах атаки, числах Рейнольдса, характеризующих встречный воздушный поток, и других параметрах;
- Wing and Plane Design – позволяет задать макет исследуемого крыла в реальных размерах, провести анализ основных аэродинамических характеристик этого крыла.

После загрузки профилей приступаем к анализу. Для этого заходим во вкладку XFoil Direct Analisis и переходим к групповому анализу поляр. Зададим диапазон числа Рейнольдса от 100 тыс. до 300 тыс. с шагом 50 тыс. Расчет проведем для углов атаки от -4 до 10 градусов, с шагом в 1 градус [4].

Анализ поляры профиля Cl(Cd) (зависимость подъемной силы от силы лобового сопротивления крыла), рис. 2, при заданных числах Рейнольдса, позволяет говорить о том, что установка элементов ПОС с заданными размерами не приведет к срыву потока.

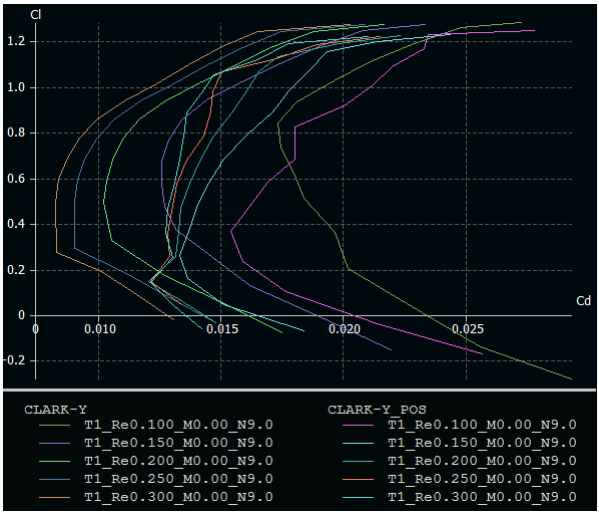


Рис. 2. Поляры профилей CLARK-Y и CLARK-Y_POS

Далее переходим к разработке и анализу крыла в программе Wing and Plane Design. Зададим авиамодель без хвостового оперения и фюзеляжа. Устанавливаем размеры крыла как показано на рисунке 3.

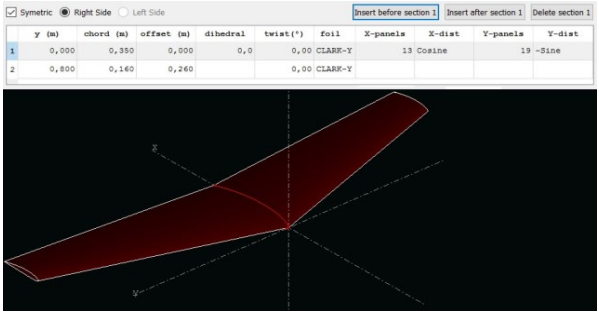


Рис. 3. Задание размеров крыла с исходным профилем

После того как заданы все размеры крыла, переходим к его анализу. Для этого заходим во вкладку Analysis / Define an Analysis. Выбираем поляру тип 1 – продувка модели потоком с постоянной заданной скоростью (Free stream speed). Определяем, для каких углов атаки будет рассчитана поляра крыла с исходным профилем CLARK-Y. Важно указать те же значения углов и шаг что были указаны при анализе профиля – от -4 до 10 с шагом 1 градус [4].

Для расчета аэродинамических характеристик измененного профиля CLARK-Y_POS проведены расчеты в программе Wing and Plane Design с теми же настройками что и для профиля CLARK-Y с единственным отличием – при указании размеров крыла во вкладке foil указываем наименование профиля CLARK-Y_POS. Результаты расчета аэродинамического качества крыла для исходного и измененного профилей представлены на рисунке 4 [4].

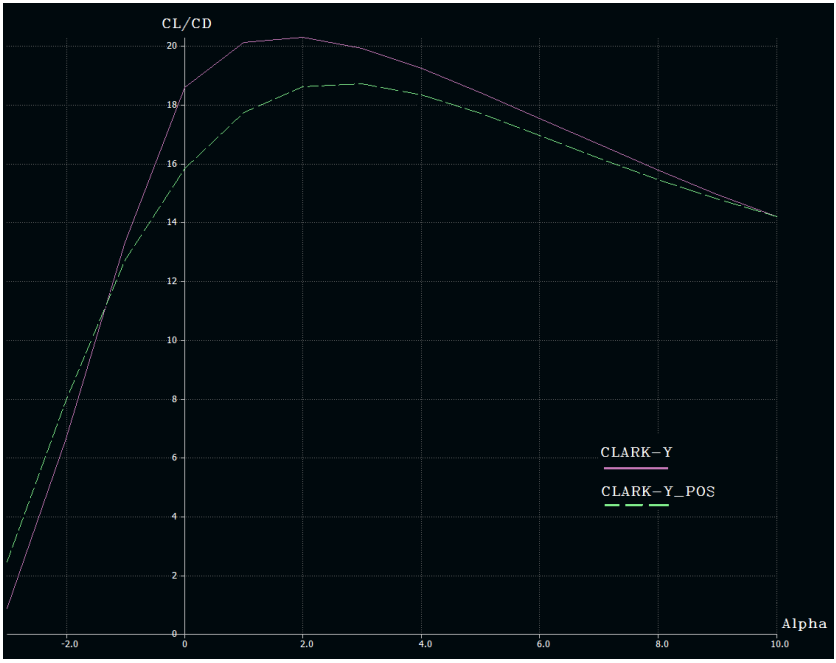


Рис. 4. Зависимость аэродинамического качества крыла до и после установки элементов ПОС

Из графика на рисунке 4 видно, что крыло будет иметь наивысшее качество (Cl/Cd) находясь под углом атаки 2 градуса, однако после установки элементов ПОС максимальное значение аэродинамического качества крыла снизилось. Результаты расчета поляры крыла для профиля CLARK-Y_POS в сравнении с исходным профилем CLARK-Y представлены на рисунке 5, из которого видно что установка элементов ПОС повлияла на поляру крыла. Для того чтобы понять насколько это изменение окажет влияние на динамику полета БпЛА, проведем дополнительные расчеты [4].

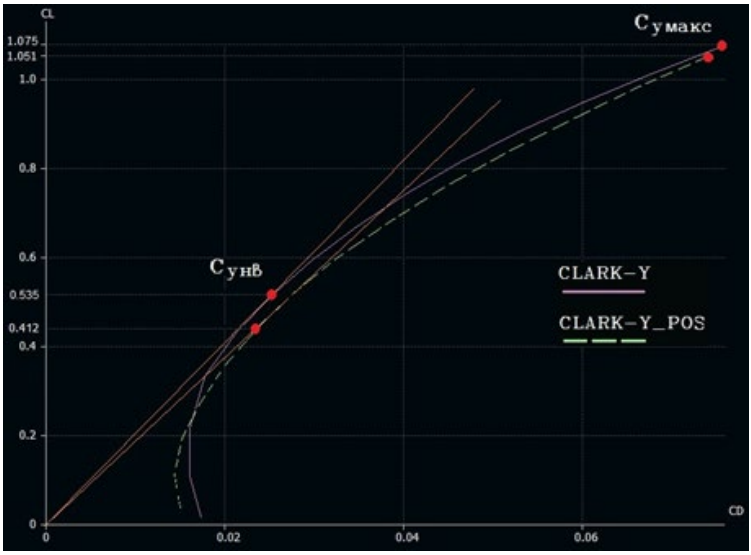


Рис. 5. Поляры крыла с вариантами установки профилей CLARK-Y и CLARK-Y_POS

2. Расчет минимальной и наивыгоднейшей скорости для установившегося горизонтального полета до и после установки ПОС

Прямолинейный горизонтальный полет является одним из основных видов движения всех типов летательных аппаратов (ЛА), в том числе и БпЛА [6]. Рассмотрим изменение минимальной допустимой и наивыгоднейшей скорости полета БпЛА при установившемся горизонтальном полете после установки элементов ПОС.

Перейдя к обозначениям, принятым в авиационной терминологии и далее будем упоминать вместо $CL - C_y$, вместо $CD - C_x$.

В связи с тем, что в нашем случае расчеты ведутся для малоразмерного БпЛА, полет которого происходит в дозвуковых скоростях, вместо чисел Маха рассчитываются минимальная и наивыгоднейшая скорости полета, которые соответствуют заданной удельной нагрузке на крыло или весу ЛА [6]. В этом случае, воспользовавшись полярой крыла БпЛА, представленной на рисунке 5, необходимо определить наивыгоднейший коэффициент аэродинамической подъемной силы БпЛА $C_{унв}$, для чего из начала

координат проводится касательная к кривой $C_y(C_x)$, а затем можно рассчитать $V_{нв}$ по формуле [6, 7]:

$$V_{нв}(H) = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot m}{\rho(H) \cdot C_{унв} \cdot S}}, \quad (1)$$

где H – высота полета, м; g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с^2; m – взлетная масса БпЛА с учетом заправленного топлива, полезной нагрузки, установленных элементов ПОС, кг; $\rho(H)$ – плотность воздуха на заданной высоте полета, кг/м^3; S – площадь крыла, м^2.

Аналогичным образом по рисунку 5 определяем значение максимального коэффициента аэродинамической подъемной силы БпЛА $C_{умакс}$, после чего рассчитываем $V_{мин}$ [6, 7]:

$$V_{мин}(H) = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot m}{\rho(H) \cdot C_{умакс} \cdot S}}. \quad (2)$$

Очевидно, что в точке касания поляры БпЛА с линией, проведенной из начала координат, рисунок 5, соответствующей $C_{унв}$, будет обеспечиваться максимальное соотношение $(C_y / C_x)_{макс}$ или максимальное значение аэродинамического качества БпЛА $K_{макс}$.

Рассчитаем значения минимальной и наивыгоднейшей скорости БпЛА с учетом ранее описанных размеров крыла, а также с учетом массо-габаритных размеров установленных элементов ПОС.

Расчеты проведем для средней высоты применения малоразмерных БпЛА $H = 1000$ м, усредненная плотность воздуха на этой высоте, согласно источника [8], составляет $\rho(1000) = 1{,}112$ кг/м^3. Площадь крыла автоматически рассчитана в программе Wing and Plane Design после задания геометрических размеров и составляет $S = 0{,}408$ м^2.

Исходные данные для расчета скоростей $V_{нв}$ и $V_{мин}$ для профилей CLARK-Y и CLARK-Y_POS, с учетом установленных элементов, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета $V_{нв}$ и $V_{мин}$

Профиль	m, кг	$C_{унв}$	$C_{умакс}$

CLARK-Y	10	0,535	1,075
CLARK-Y_POS	10,8	0,412	1,051

Подставив исходные данные в выражения (1) и (2), проведем расчеты и получаем следующие результаты, табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета $V_{нв}$ и $V_{мин}$ для высоты полета 1000 м

Профиль	$V_{нв}$, м/с	$V_{мин}$, м/с
CLARK-Y	28,431	20,057
CLARK-Y_POS	33,669	21,08

Анализ полученных результатов расчетов позволяет сделать вывод, что после установки элементов ПОС на поверхности крыла, значения минимальной и наивыгоднейшей скорости горизонтального полета БпЛА изменятся, в нашем случае $V_{нв}$ увеличится на 5,238 м/с, а $V_{мин}$ увеличится на 1,023 м/с что приведет к возрастанию нагрузки на двигатель, повышению часового расхода топлива, и как следствие уменьшению дальности и продолжительности полета [4].

3. Оценка дальности и продолжительности полета дозвукового БпЛА после установки ПОС

Дальность и продолжительность полета является важнейшей характеристикой всех ЛА, во многом определяющих эффективность их применения. Для определения максимальной дальности и продолжительности полета, необходимо учитывать в каком режиме эксплуатации происходит полет [6]. В дальнейших расчетах будем считать, что БпЛА выполняет полет в дозвуковых скоростях на высоте $H = 1000$ метров в установившемся прямолинейном горизонтальном полете, скорость ветра равна нулю ($W = 0$).

Среди основных характеристик, определяющих дальность и продолжительность полета ЛА выделяют часовой и километровый расход топлива [6].

Для установившегося горизонтального полета минимальный часовой расход топлива на любой высоте полета вычисляется по формуле [6]:

$$C_{\eta\,мин} = C_{уд} \cdot \frac{G}{K_{макс}}, \qquad (3)$$

где $C_{уд}$ – это удельный расход топлива; G – это сила тяжести, действующая на ЛА массой m, $G = m \cdot g$, $g = 9{,}81$ Н/кг; $K_{макс}$ – максимальное значение аэродинамического качества ЛА.

Километровый расход топлива – это расход топлива на километр пройденного пути. За один час самолет пролетит путь, численно равный его путевой скорости. В установившемся прямолинейном горизонтальном полете тяга двигателя равна лобовому сопротивлению летательного аппарата $P = X_{а\,ГП} = \dfrac{G}{K}$. Тогда минимальный километровый расход топлива можно вычислить по формуле [6]:

$$q_{мин} = \frac{C_{уд}}{3{,}6} \cdot \frac{G}{V \cdot K_{макс}}. \qquad (4)$$

где 3,6 – коэффициент, используемый для перевода единиц измерения скорости [м/с] в [км/ч]; V – путевая скорость, т.е. проекция вектора скорости относительно земли на горизонтальную плоскость. Для обеспечения минимального расхода топлива полет происходит при наивыгоднейшей скорости $V = V_{нв}$.

Значения $K_{макс}$ посчитаем для крыла с исходным и измененным профилем, используя отношение наивыгоднейшего коэффициента аэродинамической подъемной силы БпЛА к соответствующему значению C_x:

$$K_{макс} = \frac{C_{у\,нв}}{C_x}. \qquad (5)$$

Дальность горизонтального участка $L_{гор}$ траектории вычисляется по формуле:

$$L_{гор} = \frac{G_{Тгор}}{g \cdot q_{мин}}, \qquad (6)$$

где $G_{Тгор}$ – запас топлива на горизонтальный полет.

Запас топлива на горизонтальный полет принято рассчитывать исходя из соотношения общего баланса топлива [6]:

$$G_{Тгор} = G_T - (G_{Тнаб} + G_{Тсн}), \qquad (7)$$

где G_T – запас топлива после заправки; $G_{Tнаб}$ – запас топлива, расходуемый на набор высоты, $G_{Tсн}$ – запас топлива, расходуемый на снижение.

Исходя из значения скороподъемности для малоразмерных БпЛА, набор и снижение высоты происходит со скоростью не более $V_H = 5$ м/с и среднем часовом расходе топлива 0,4 кг/ч. Исходя из этого, несложно посчитать время набора высоты полета (в нашем случае $H = 1000$ м) $t_н = \frac{H}{V_н}$, $t_н = \frac{1000}{5} = 200$ с. Тогда при полной заправке топлива $G_T = 3$ кг, расход топлива на набор высоты 1000 метров и снижение составит по 0,022 литра, а значит запас на горизонтальный полет при условии, что скорость ветра равна нулю ($W = 0$), составит $G_{Tгор} \approx 2,96$ кг.

Удельный расход топлива $C_{уд}$ вычисляется как отношение часового расхода топлива C_η к мощности двигателя $N_{V_{нв}}$, обеспечивающей необходимую тягу для поддержания заданной скорости полета:

$$C_{уд} = \frac{C_\eta}{N_{V_{нв}}}. \tag{8}$$

Значение часового расхода топлива C_η с исходным профилем берется из технической документации на конкретный БпЛА или из руководства по эксплуатации комплекса БпЛА [9].

Для БпЛА с поршневыми двигателями, мощность двигателя при заданной скорости полета $N_{V_{нв}}$ вычисляется исходя из соотношения

$$N_{V_{нв}} = 0,8 \cdot \frac{N_{макс}}{V_{нв}}, \tag{9}$$

где 0,8 – коэффициент, определяющий КПД винта; $N_{макс}$ – максимальная мощность двигателя БпЛА (для БпЛА с двухтактным двигателем составляет 2 – 5 л.с., или 1471 – 3677 Ватт). Примем значение $N_{макс} = 2$ л.с. или 1471 Ватт.

Теперь, когда значения всех переменных известны, по формулам (3), (4) и (6) рассчитаем часовой и километровый расход топлива, а также дальность горизонтального полета.

Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета часового и километрового расхода топлива, дальности и продолжительности полета БпЛА

Профиль	$C_{\eta\ мин}$, кг/ч	$q_{мин}$, кг/км	$L_{гор}$, км	$t_{гор}$, ч
Profil	0,044	0,00043	697,13	24,52
Profil_POS	0,068	0,00056	540,31	16,05

При наивыгоднейшей скорости полета $V_{нв}$ и дальности $L_{гор}$ продолжительность полета $t_{гор} = \frac{L_{гор}}{V_{нв}}$ до и после установки элементов ПОС составит 24,52 и 16,05 часов соответственно.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что установка дополнительных элементов ПОС приведет к увеличению минимальной скорости полета БпЛА класса «мини», при которой будет обеспечиваться горизонтальный полет, $V_{мин}$ увеличится на 1,023 м/с. Также увеличится наивыгоднейшая скорость $V_{нв}$ на 5,238 м/с, что приведет к возрастанию нагрузки на двигатель и повышению часового расхода топлива. В связи с этим уменьшатся дальность $L_{гор}$ на 156,82 км и продолжительность горизонтального полета $t_{гор}$ на 8,47 ч.

Таким образом, установка ПОС, существенно изменит аэродинамические характеристики БпЛА, и эти изменения необходимо учитывать при проведении штурманского расчета перед применением БпЛА.

Список литературы

1. Новичков, Н. Н. Российское оружие в Сирии: анализ, итоги, выводы / Н. Н. Новичков – М. : ООО «Статус», 2018. – 336 с.

2. Бобрусь, В. А. Способ механической защиты от обледенения крыла легкого беспилотного летательного аппарата / В. А. Бобрусь, И. В. Лосев, А. В. Мельников // Академические жуковские чтения : сб. материалов VI межд. науч-практ. конф. (Воронеж, 14-15 ноября 2018 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. С. 35-40.

3. Бобрусь, В. А. Эффективность способа механической защиты от обледенения крыла легкого беспилотного летательного аппарата / В. А. Бобрусь, А. В. Мельников, И. В. Лосев // сб. материалов VI Междун. науч-практ конф. «Актуальные вопросы исследований в авионике:

теория, обслуживание, разработки» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 3–8.

4. Мельников, А. В. Расчет аэродинамических характеристик БпЛА с учетом установленных элементов противообледенительной системы в виртуальной среде XFLR5 / А. В. Мельников // Моделирование систем и процессов. – Воронеж: ВГЛТУ, 2019. – Т. 12, № 2. – С. 66–71.

5. Подкур, М. Л. Виртуальная аэродинамическая труба XFLR5 с нуля шаг за шагом [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Режим доступа : http://ru.convdocs.org/docs/index-69494

6. Левицкий, С. В. Динамика полета : учебник для слушателей и курсантов Военно-воздушной инженерной академии имени проф. Н. Е. Жуковского / С. В. Левицкий, Н. А. Свиридов. Под ред. С. В. Левицкого. – изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. – М. : 2018. – 527 с.

7. Расчет летных характеристик дозвукового самолета [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://ssau.ru/files/struct/deps/dinpol/umo/RLXdozvsam.pdf

8. Плотность атмосферы на различной высоте над землей [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsDensity/DensityAirHeight/

9. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами : в 2-х кн.: кн.2. Робототехнические комплексы на основе БЛА. Монография / В. С. Верба [и др.] ; под ред. В. С. Верба. – М.: Радиотехника, 2016. – 708 с.

Моделирование работы промышленного инкубатора

Е. М. Михайлов, email: emix.vrn@yandex.ru [4]
Е. Е. Михайлова, email: lm2002@mail.ru [1]

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается алгоритм обработки таблицы самозависимых данных и применение этого подхода к моделированию работы промышленного инкубатора.*

Ключевые слова: *Моделирование, планирование ресурсов, инкубатор, кольцевой массив, многопроходный алгоритм.*

Введение

Задача моделирования промышленного инкубатора является весьма актуальной для птицефабрик как яичного, так и мясного производства, обладающих собственным родительским стадом. Это могут быть как репродукторы первого, так и второго порядка, а также племенные хозяйства. Проблема в моделировании работы инкубатора состоит в том, что процент выводимости цыпленка из яйца зависит от многих – и не только технологических – параметров, которые можно стабилизировать при использовании современных технологий. К таким параметрам относятся как возраст птицы, производящей инкубационные яйца, так и время хранения их на складе.

Задача моделирования работы инкубатора состоит в расчёте потребности в инкубационном яйце, которое нужно заложить для обеспечения воспроизводства промышленного стада [1]. Таким образом, с одной стороны имеется вариабельный поток производства инкубационного яйца, а с другой – график производственной потребности в цыплятах. Если производство яйца избыточно для обеспечения нужд хозяйства, модель должна обеспечивать возможность планирования продажи излишков производства инкубационного яйца. Как правило, родительское стадо небольшое, и для сбора необходимого количества яиц требуется некоторое время накапливать яйцо для инкубации и продажи. За время хранения выводимость инкубационного яйца падает, а через три недели такое яйцо становится нерентабельным для воспроизводства и должно быть переведено в товарное. Таким образом, существует зависимость между производительностью родительского стада и потребностью в воспроизводстве промышленного

© Михайлов Е. М., Михайлова Е. Е., 2019

поголовья [2]. Совсем маленькое родительское стадо не сможет укомплектовать фабрику.

Данная задача не может быть решена путем алгебраических вычислений, поскольку изменения, производимые в одно время, автоматически затрагивают последующие закладки, так как меняется состояние склада инкубационного яйца, следовательно, и выводимость яиц и, как следствие, потребность в яйце для последующих партий..

Алгоритм расчёта

Для решения данной задачи был использован трехпрогонный алгоритм расчёта потребности в инкубационном яйце [3,4]. На первом проходе в календарный план закладок заносилась информация от родительского стада: объем производства и процент выводимости зависит только от возраста и поголовья птицы. Далее использовался обратный проход от поздних дат к ранним для установки потребности в цыплятах, которая берется из графика посадок молодняка промышленного стада. Обратный проход использовался для того, чтобы установить потребность в цыплятах с учетом срока инкубирования – 21 день для кроссов промышленной несушки и бройлеров. В данном проходе использовался циклический массив размером в 21 ячейку. В этом случае удается избежать излишних смен позиций в таблице с итоговыми данными. И на последнем прямом прогоне производился расчет деградации инкубационного яйца от хранения и вычисление потребности в инкубационном яйце.

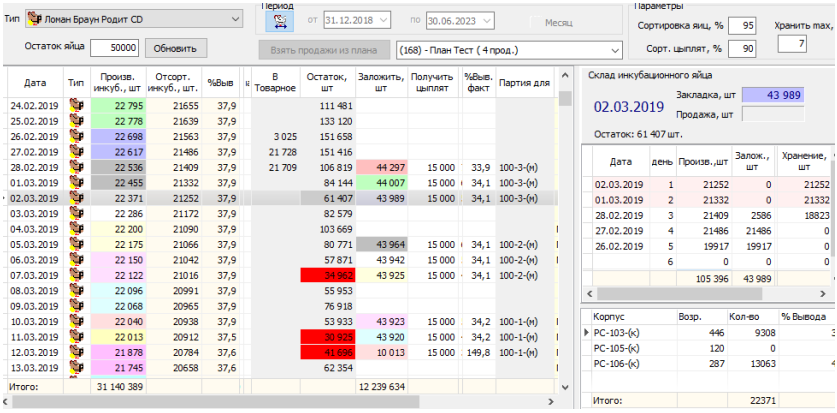


Рисунок. Окно контроля работы алгоритма расчета потребности в инкубационном яйце

Заключение

В результате нами разработана система, позволяющая визуально представить работу инкубатора и рассчитать потребность в инкубационном яйце. На рисунке представлен результат работы алгоритма расчета потребности инкубационного яйца. Левая часть таблицы отображает календарный план производства инкубационного яйца и рассчитанную потребность в инкубационном яйце. Для упрощения анализа используется цветовое выделение: дни производства яйца и соответствующей закладки выделяются одним цветом. Таким образом, оператор может оценить время хранения яйца. Информация справа сверху отражает состояния склада хранения на определенную дату, левая нижняя часть таблицы – расшифровка производства инкубационного яйца от родительского стада для контроля возраста и процента выводимости.

Список литературы

1. Щербатов, В. И. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы / В. И. Щербатов, Л.И. Смирнова, О.В. Щербатов. –Краснодар : КубГАУ, 2015. – 182 с.

2. Руководство по технологии инкубации яиц (Management Guide) / LOHMANN TIERZUCHT GmbH, 2017. – Am Seedeich 9–11 · 27472 Cuxhaven · Germany – 58 с.

3. Советов, Б. Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2015. – 343 с.

Компьютерная система моделирования пожаров с применением теории клеточных автоматов

К. А. Михайлов, email: mihkir.94@mail.ru

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

Аннотация. *Разработан клеточный автомат развития пожаров на открытых пространствах (на примере природных пожаров) для совершенствования информационного обеспечения управления пожарно-спасательными подразделениями. Разработанная дискретная модель реализована в виде информационно-аналитической подсистемы, совместимой с геоинформационными системами поддержки управления.*

Ключевые слова: *информационное обеспечение, системы поддержки управления, пожары на открытых пространствах, клеточный автомат.*

Введение

Крупномасштабные природные пожары и вызванные ими чрезвычайные ситуации на Европейской части России летом 2010 года со всей остротой определили проблему борьбы с ними. Анализ функционирующей Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) показал необходимость разработки и совершенствования инструментариев наполнения информационного пространства принятия оперативных решений. В результате на государственном уровне созданы и функционируют информационно-технические решения, реализующие всевозможные виды и формы мониторинга пожарной обстановки на территории Российской Федерации с геоинформационной привязкой для эффективного привлечения сил и средств РСЧС. Однако, с точки зрения общей теории управления известно, что информация является одним из наиважнейших ресурсов для качественного управления, но ее избыток и противоречивость приводят к снижению оперативности управления, что в условиях борьбы с пожарами крайне недопустимо. Поэтому помимо средств сбора информации при мониторинге созданы и применяются аналитические системы, обеспечивающие обработку и представление информации в удобном виде для принятия оперативных решений [1, 2].

© Михайлов К. А., 2020

Реализация данных теоретических моделей предусматривает разработку специализированных программно-аппаратных комплексов (ПАК).

В качестве теоретической основы для разработки ПАК широко применяется сценарный подход [3], предусматривающий формирование тактических замыслов и оперативных планов ликвидации чрезвычайных ситуаций, позволяя рассматривать процесс управления как задачу перспективного планирования. В общей совокупности информационных компонент ПАК задача эффективного использования сил и средств пожарно-спасательных подразделений формально представлена методикой многокритериального выбора вариантов управленческих решений. В данной методике для выбора оптимального варианта управленческого решения используются процедуры ранжирования решений с использованием информации об относительной важности критериев выбора. Однако, для принятия решений необходима объективная информация о динамике развития чрезвычайной ситуации. При решении данной задачи могут быть использованы сложные вычислительные процедуры, базирующиеся на системах уравнений тепломассопереноса в совокупности с более простыми моделями клеточных автоматов (как в [4]). Таким образом, необходима разработка интеллектуальных механизмов моделирования процессов развития параметров пожаров (к примеру природных, а также пожаров розливов нефтепродуктов на открытых технологических установках нефтеперерабатывающих предприятий и др.) с учетом реализации процедур вероятностной имитации значений количественных параметров базисов моделирования.

Решение задачи

Модернизированные модели клеточных автоматов с окрестностью фон Неймана 2-го ранга имеют дуалистическую регулярную решетку с состояниями «норма» и «пожар» и две составляющих: ребра и узлы.

Общая структура ячейки автомата представлена на рис. 1.

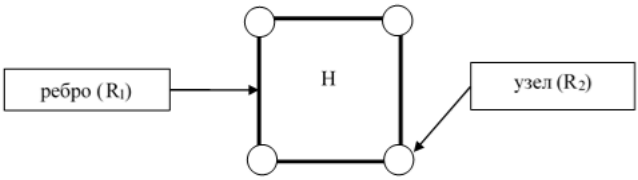


Рис. 1. Элемент равномерной сетки

В данном клеточном автомате применяются только натуральные числа. Правило перехода ячейки из состояния «норма» в состояние

«пожар» заключается в следующем: у ребра и узла конечно-разностной сетки имеется «вес» R_1 и R_2 соответственно. Состояние «пожар» ячейки происходит когда Random > R. Здесь Random – случайное равномерное распределенное натуральное число, а R – общий «вес» ячейки. Общий вес определяется исходя из условия

$$R = H - N_1 R_1 - N_2 R_2,$$

где H – исходный вес элемента сетки; N_1 и N_2 – количество ребер и узлов окрестности автомата.

Значения базисного параметра R получают путем имитации нормально-распределенной случайной величины. Для нормальной случайной величины справедливо следующее утверждение: если взять на оси ординат в интервале (0,1) случайное число R и найти то значение X, при котором $F(X)=R$, то полученная таким образом случайная величина X будет иметь нужную нам функцию распределения $F(x)$ (рис. 2).

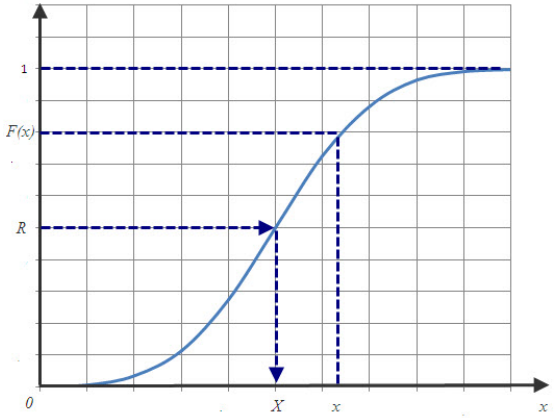


Рис. 2. Графическая схема имитации непрерывной случайной величины

Тогда плотность случайной точки с декартовыми координаторами ($R_1 = \xi$, $R_2 = \eta$) на плоскости x, y равна произведению плотностей ξ и η:

$$p(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} = \frac{1}{2\pi} e^{-(x^2+y^2)/2}.$$

Окончательные формулы имитации двух случайных величин ξ и η:

$$\xi = \cos 2\pi\gamma_2 \sqrt{-2\ln\gamma_1},$$

$$\eta = \sin 2\pi\gamma_2 \sqrt{-2\ln\gamma_1}.$$

Данные формулы позволяют по двум числам γ_1 и γ_2 вычислить два независимых значения нормальной случайной величины с параметрами.

Разработанный клеточный автомат, имея две степени свободы, позволяет учитывать различные факторы в количественном виде при предварительной апробации на основе исследования произошедших пожаров в природной среде и на нефтеперерабатывающих предприятиях. Модель за счет «легкой» вычислительной основы в виде отдельной информационно-аналитической подсистемы может быть внедрена в геоинформационные системы поддержки принятия решений. Клеточный автомат реализован в виде программы для ЭВМ [5] и не требует мощной вычислительной аппаратной части, поэтому может быть реализован на компьютерах динамических средств мониторинга – беспилотных авиационных системах. На рисунке 3 представлены результаты моделирования с применением разработанного клеточного автомата.

а *б*

Рис. 3. Клеточный автомат развития пожара на открытом пространстве: *а* – обстановка на момент τ; *б* – обстановка на момент τ+Δτ

Для принятия решений о возможности использования на практике результатов моделирования необходим подсчет частной энтропии Шеннона. Для модели клеточных автоматов энтропия Шеннона в

первом приближении может быть оценена зависимостью 2^n, где n – множество значений исходного веса ячейки клеточного автомата.

Заключение

Предложены пути совершенствования информационного пространства принятия решений при борьбе с пожарами на открытых пространствах (на примере природных пожаров) на государственном уровне. Результаты решения данной задачи применимы во всех функциональных и территориальных подсистемах Единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Практикой борьбы с пожарами определено, что детализация информации для принятия решений является основой при выборе информационных, технических и технологических решений в системе управления. Поэтому для принятия оперативных решений разработан простейший клеточный автомат развития пожаров на открытых пространствах. Разработана специальная программа ЭВМ «клеточный автомат» [5], которая используется в виде информационно-аналитической подсистемы, совместимой с геоинформационными системами поддержки управления.

Список литературы

1. Смирнов, В. А. Математическая модель для выбора вариантов решений по расстановке пожарных подразделений при ликвидации лесных пожаров / В. А. Смирнов, Д. В. Тараканов, Д. А. Черепанов // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. 2011. – № 3 (37). – С. 6.

2. Методика анализа управленческих решений по распределению пожарно-спасательных подразделений при ликвидации лесных пожаров / Д. В. Тараканов [и др.] // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. 2017. – № 3 (73). – С. 91-96.

3. Управление региональной безопасностью на основе сценарного подхода / В. Л. Шульц [и др.]. – М.: ИПУ РАН, 2014. – 163 с.

4. Топольский, Н. Г. Моделирование динамики параметров мониторинга пожара в здании на основе клеточных автоматов / Н.Г. Топольский, Д. В. Тараканов // Системы безопасности – 2016: материалы 25-й Международной научно-технической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 585–588.

5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2018666496. Модель развития пожаров на открытом пространстве с использованием клеточного автомата / Семенов А. О., Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А. – № 2018664021; заявл. 03.12.2018; опубл. 18.12.2018.

Нильпотентные подалгебры линейных алгебр Ли

Н. П. Можей, e-mail: mozheynatalya@mail.ru [1]

[1] Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Приведен алгоритм классификации линейных алгебр Ли ступени нильпотентности n по алгебре ступени n–1, а также показано, что решение задачи классификации подалгебр линейной алгебры Ли сводится к классификации линейных алгебр Ли, состоящих из нильпотентных эндоморфизмов, классификации максимальных разделяющих алгебр Ли с каждым линейным нильрадикалом, классификации немаксимальных разделяющих алгебр Ли и классификации неразделяющих линейных алгебр Ли с каждой разделяющей оболочкой. Алгоритмы, описанные в работе, применены для размерности четыре, они также могут быть использованы для решения аналогичных задач в больших размерностях.*

Ключевые слова: *линейная группа Ли, алгебра Ли, нильпотентный эндоморфизм, разделяющая алгебра Ли.*

Введение

Изучение линейных групп Ли и их подгрупп связано с более общей задачей изучения произвольных линейных групп (не обязательно групп Ли и над произвольными полями), о таких группах см., например, [1, 2]. Линейные группы Ли тесно связаны и с алгебраическими группами, любая линейная группа, замкнутая в топологии Зарисского, является линейной алгебраической группой. Алгебраические линейные группы составляют наиболее изученный класс линейных групп.

1. Основная часть

Пусть V – фиксированное конечномерное векторное пространство над полем нулевой характеристики. Напомним, что подалгебры алгебры Ли $\mathfrak{gl}(V)$ называются *линейными* алгебрами Ли. Будем говорить, что линейные алгебры Ли $\mathfrak{g}_1$ и $\mathfrak{g}_2$ сопряжены, если найдется такой элемент $\varphi \in GL(V)$, что $\varphi \cdot \mathfrak{g}_1 \cdot \varphi^{-1} = \mathfrak{g}_2$. Основой описываемой методики является теория разделяющих алгебр Ли, развитая в [3].

Любой эндоморфизм x пространства V единственным образом может быть представлен в виде суммы коммутирующих полупростого s

© Можей Н. П., 2020

и нильпотентного n эндоморфизмов пространства V. При этом s называется полупростой компонентой эндоморфизма x, а n – его нильпотентной компонентой. Разложение $x = s + n$ называется разложением Жордана эндоморфизма x. Линейная алгебра Ли называется *разделяющей*, если она содержит полупростую и нильпотентную компоненты каждого своего элемента [3]. *Разделяющей оболочкой* линейной алгебры Ли $\mathfrak{g}$ называется минимальная разделяющая линейная алгебра Ли, содержащая $\mathfrak{g}$, и обозначается $e(\mathfrak{g})$.

Пусть $\mathfrak{g}$ – разделяющая линейная алгебра Ли и $\mathfrak{n} = \mathfrak{n}_V(\mathfrak{g})$ – наибольший идеал нильпотентности тождественного представления алгебры Ли $\mathfrak{g}$ в V, который мы будем называть *линейным нильрадикалом* линейной алгебры Ли $\mathfrak{g}$. Известно, что существует такая подалгебра $\mathfrak{m} \subset \mathfrak{g}$, редуктивная в $\mathfrak{gl}(V)$, что $\mathfrak{g}$ является прямой суммой подпространств $\mathfrak{m}$ и $\mathfrak{n}$ [3]. Любая подалгебра $\mathfrak{m}$ с указанными свойствами называется *подалгеброй Мальцева* разделяющей алгебры Ли $\mathfrak{g}$. Разложение $\mathfrak{g} = \mathfrak{m} \oplus \mathfrak{n}$ называется *разложением Мальцева* разделяющей алгебры Ли $\mathfrak{g}$. Заметим, что подалгебра Мальцева $\mathfrak{m}$ является прямой суммой подалгебры Леви $\mathfrak{s} = [\mathfrak{m}, \mathfrak{m}]$ алгебры Ли $\mathfrak{g}$ и центра $\mathfrak{t}$ алгебры Ли $\mathfrak{m}$, а $\mathfrak{t}$ – максимальным элементом множества коммутативных подалгебр радикала $\mathfrak{r}$ алгебры Ли $\mathfrak{g}$, состоящих из полупростых эндоморфизмов. Кроме того, идеал $\mathfrak{n}$ совпадает с множеством нильпотентных эндоморфизмов, лежащих в радикале $\mathfrak{r}$, и $\mathfrak{r} = \mathfrak{t} \oplus \mathfrak{n}$.

Пусть $\mathfrak{n}$ – линейная алгебра Ли, состоящая из нильпотентных эндоморфизмов. Множество разделяющих алгебр Ли с линейным нильрадикалом $\mathfrak{n}$ обладает *максимальным* элементом $\overline{\mathfrak{g}}$, причем все максимальные элементы этого множества сопряжены алгебре Ли $\overline{\mathfrak{g}}$. Пусть $\overline{\mathfrak{g}} = \overline{\mathfrak{m}} \oplus \mathfrak{n}$ – разложение Мальцева разделяющей алгебры Ли $\overline{\mathfrak{g}}$. Любая разделяющая алгебра Ли с линейным нильрадикалом $\mathfrak{n}$ сопряжена некоторой разделяющей алгебре Ли $\mathfrak{g}$ с разложением Мальцева $\mathfrak{g} = \mathfrak{m} \oplus \mathfrak{n}$, у которого $\mathfrak{m} \subset \overline{\mathfrak{m}}$.

Таким образом, решение задачи классификации подалгебр алгебр Ли $\mathfrak{gl}(4, P)$, $P = \mathbb{R}$ или $\mathbb{C}$, разбивается на следующие подзадачи:

1) классификация линейных алгебр Ли, состоящих из нильпотентных эндоморфизмов;

2) классификация максимальных разделяющих алгебр Ли с каждым линейным нильрадикалом из пункта 1;

3) классификация немаксимальных разделяющих алгебр Ли с каждым линейным нильрадикалом из пункта 1 и с учетом результатов пункта 2;

4) классификация неразделяющих линейных алгебр Ли с каждой разделяющей оболочкой из пунктов 2 и 3.

Заметим также, что (за исключением пункта 1) остальная часть работы может быть без изменений перенесена на случай подалгебр произвольной редуктивной алгебры Ли.

Остановимся подробнее на классификации линейных алгебр Ли, состоящих из нильпотентных эндоморфизмов, которая и является целью настоящей работы.

Пусть $\mathfrak{g}$ – подалгебра Ли $\mathfrak{gl}(V)$, состоящая из нильпотентных элементов. Определим убывающую фильтрацию векторного пространства V следующим образом: $V_1 = V$, $V_{k+1} = \mathfrak{g}(V_k)$ при $k \geqslant 1$. Из теоремы Энгеля следует, что существует такое натуральное число n, что $V_n \neq \{0\}$, а $V_{n+1} = \{0\}$. Назовем это число n *ступенью нильпотентности подалгебры* $\mathfrak{g} \subset \mathfrak{gl}(V)$.

Пусть $\mathfrak{g}$ – подалгебра алгебры Ли $\mathfrak{gl}(V)$ ступени n. Тогда $\mathfrak{g}(V_n) = \{0\}$. Положим $W = V / V_n$. Пусть $\pi : \mathfrak{g} \to \mathfrak{gl}(W)$ – гомоморфизм алгебр Ли вида: $\pi(x) : v + V_n \mapsto x(v) + V_n$. Положим $\mathfrak{a} = ker\pi$, $\mathfrak{h} = \pi(\mathfrak{g})$. Тогда очевидно, что $\mathfrak{h}$ – подалгебра в $\mathfrak{gl}(W)$, состоящая из нильпотентных элементов и имеющая ступень нильпотентности $n-1$.

Алгебра Ли $\mathfrak{a}$ является коммутативным идеалом в $\mathfrak{g}$ и может быть естественным образом отождествлена с подпространством в $\mathcal{L}(W, V_n)$: $y(v + V_n) = y(v)$ для всех $y \in \mathfrak{a}, v \in V$.

Определим действие алгебры Ли $\mathfrak{h}$ на $\mathcal{L}(W, V_n)$ следующим образом:

$$x.\alpha = -\alpha \circ x, \text{где } x \in \mathfrak{h}, \alpha \in \mathcal{L}(W, V_n). \tag{1}$$

Тогда $x.y = [\pi^{-1}(x), y]$ для $x \in \mathfrak{h}$, $y \in \mathfrak{a}$. Следовательно, $\mathfrak{a}$ является подмодулем $\mathfrak{h}$-модуля $\mathcal{L}(W, V_n)$. Далее, алгебра Ли $\mathfrak{g}$ естественным образом определяет элемент $[\omega] \in H^1(\mathfrak{h}, \mathcal{L}(W, V_n) / \mathfrak{a})$. Действительно, пусть $s : W \to V$ – произвольное сечение канонической проекции $p : V \to W = V / V_n$. Отождествим векторное пространство V

с $V_n \times W$ при помощи изоморфизма $I_s: \; x \mapsto (x - s \circ p(x), p(x))$. Определим отображение $\overline{\omega}_s : \mathfrak{h} \to \mathcal{L}(W, V_n)$ следующим образом:

$$\overline{\omega}_s(x) : w \mapsto s(x(w)) - \pi^{-1}(x).s(w). \tag{2}$$

Тогда, как нетрудно проверить, $\overline{\omega}_s \in Z^1(\mathfrak{h}, \mathcal{L}(W, V_n))$. Посредством факторизации возникает элемент $\omega_s \in Z^1(\mathfrak{h}, \mathcal{L}(W, V_n)/\mathfrak{a})$. При этом, если s' – другое сечение, то $\omega_s - \omega_{s'} \in B^1(\mathfrak{h}, \mathcal{L}(W, V_n)/\mathfrak{a})$, и поэтому класс $[\omega_s]$ элемента ω_s не зависит от выбора сечения.

Пусть $\mathfrak{g}$ – подалгебра ступени нильпотентности n, $\mathfrak{h} = \pi(\mathfrak{g})$, $\mathfrak{a} = ker\pi$ и $[\omega]$ – соответствующий подалгебре $\mathfrak{g}$ элемент пространства $H^1(\mathfrak{h}, \mathcal{L}(W, V_n)/\mathfrak{a})$. Тогда имеет место равенство:

$$(\omega(\mathfrak{h}) + \mathfrak{a}).W_{n-1} = V_n. \tag{3}$$

Действительно, как и ранее, отождествим V с $V_n \times W$ при помощи некоторого сечения $s : W \to V$. Поскольку $\mathfrak{g}(V_n) = 0$ и $\mathfrak{h}(W_{n-1}) = 0$, то

$$V_n = \mathfrak{g}^{n-1}(V) = \mathfrak{g}^{n-1}(\{0\} \times W) = \tag{4}$$

$$= (\omega(\mathfrak{h}) + \mathfrak{a}).W_{n-1} \times \mathfrak{h}^{n-1}(W) = (\omega(\mathfrak{h}) + \mathfrak{a}).W_{n-1} \times \{0\}.$$

Обратно, пусть $\mathfrak{h}$ – подалгебра в $\mathfrak{gl}(W)$ ступени нильпотентности $n-1$, U – некоторый тривиальный $\mathfrak{h}$-модуль, $\mathfrak{a}$ – подмодуль $\mathfrak{h}$-модуля $\mathcal{L}(W, U)$, и элемент $[\omega] \in H^1(\mathfrak{h}, \mathcal{L}(W, U)/\mathfrak{a})$ таков, что

$$(\omega(\mathfrak{h}) + \mathfrak{a}).W_{n-1} = U. \tag{5}$$

Тогда в векторном пространстве $V = U \times W$ может быть определена структура линейной алгебры Ли:

$$\mathfrak{g} = \{(u, w) \mapsto ((y + \omega(x))(w), x(w)) \mid x \in \mathfrak{h}, y \in \mathfrak{a}\}, \tag{6}$$

превращающая $\mathfrak{g}$ в подалгебру ступени нильпотентности n, такую, что $\mathfrak{g}(V_{n-1}) = U$ и $\mathfrak{h} = \pi(\mathfrak{g})$.

Таким образом, показано, что существует взаимно-однозначное соответствие между подалгебрами ступени нильпотентности n и тройками $(\mathfrak{h}, \mathfrak{a}, [\omega])$, где $\mathfrak{h}$ – подалгебра ступени нильпотентности $n-1$, $\mathfrak{a}$ – подмодуль $\mathfrak{h}$-модуля $\mathcal{L}(W, U)$ и $[\omega] \in H^1(\mathfrak{h}, \mathcal{L}(W, U)/\mathfrak{a})$, $(\omega(\mathfrak{h}) + \mathfrak{a}).W_{n-1} = U$.

Для подалгебры $\mathfrak{h} \subset \mathfrak{gl}(W)$ и подмодуля $\mathfrak{a} \subset \mathcal{L}(W,U)$ определим следующие подгруппы:

$$A(\mathfrak{h}) \quad = \{\varphi \in GL(W) \mid \varphi \cdot \mathfrak{h} \cdot \varphi^{-1} = \mathfrak{h}\}, \tag{7}$$

$$A(\mathfrak{h},\mathfrak{a}) = \{(\psi,\varphi) \in GL(U) \times GL(W) \mid (\psi,\varphi).\mathfrak{a} = \mathfrak{a}, \varphi \in A(\mathfrak{h}), \psi \in GL(U)\},$$

где $(\psi,\varphi).y = \psi y \varphi^{-1}$ для $y \in \mathfrak{a}$.

Пусть $\mathfrak{g}_1$ и $\mathfrak{g}_2$ – две алгебры Ли, соответствующие тройкам $(\mathfrak{h},\mathfrak{a},[\omega_1])$ и $(\mathfrak{h},\mathfrak{a},[\omega_2])$. Тогда для того, чтобы алгебра Ли $\mathfrak{g}_1$ была сопряжена алгебре Ли $\mathfrak{g}_2$, необходимо и достаточно, чтобы элементы $[\omega_1]$ и $[\omega_2]$ были сопряжены относительно действия группы $A(\mathfrak{h},\mathfrak{a})$ в пространстве $H^1(\mathfrak{h},\mathcal{L}(W,U)/\mathfrak{a})$.

Действительно, пусть подалгебры $\mathfrak{g}_1$ и $\mathfrak{g}_2$ сопряжены при помощи элемента $h \in GL(V)$, т. е. $h \cdot \mathfrak{g}_1 \cdot h^{-1} = \mathfrak{g}_2$. Тогда изоморфизм h может быть записан в виде:

$$h : (u,\omega) \mapsto (\psi(u) + \alpha(\omega), \varphi(\omega)), \tag{8}$$

где $\psi \in GL(U)$, $\varphi \in GL(W)$, $\alpha \in \mathcal{L}(W,U)$. Следовательно, $(\psi,\varphi) \in A(\mathfrak{h},\mathfrak{a})$ и

$$\psi \cdot \omega_1(x) \cdot \varphi^{-1} + \psi \cdot \mathfrak{a} \cdot \varphi^{-1} + \alpha(x) \cdot \varphi^{-1} = \omega_2(\varphi x \varphi^{-1}) + \mathfrak{a} \tag{9}$$

для всех $x \in \mathfrak{h}$.

Поскольку $\alpha(x) = x.(-\alpha) \in B^1(\mathfrak{h},\mathcal{L}(W,U))$, то элементы $[\omega_1]$ и $[\omega_2]$ сопряжены относительно группы $A(\mathfrak{h},\mathfrak{a})$.

Таким образом, получаем алгоритм классификации линейных алгебр ступени нильпотентности n по алгебре $\mathfrak{h} \subset \mathfrak{gl}(W)$ ступени $n-1$ и векторному пространству U.

1) Определяем группу $A(\mathfrak{h})$ и ее действие в пространстве $\mathcal{L}(W,U)$, где U – тривиальный $\mathfrak{h}$-модуль.

2) С точностью до группы $A(\mathfrak{h})$ производим классификацию подмодулей $\mathfrak{h}$-модуля $\mathcal{L}(W,U)$.

3) Для всякого подмодуля $\mathfrak{a}$ из предыдущего пункта классифицируем элементы $[\omega] \in H^1(\mathfrak{h},\mathcal{L}(W,U)/\mathfrak{a})$, такие, что $(\omega(\mathfrak{h}) + \mathfrak{a}).W_{n-1} = U$.

4) Для каждой тройки $(\mathfrak{h},\mathfrak{a},[\omega])$ строим соответствующую подалгебру $\mathfrak{g}\subset\mathfrak{gl}(V)$, где $V=U\times W$.

Тогда всякая подалгебра $\mathfrak{g}$ ступени нильпотентности n, такая, что $\mathfrak{g}(V)=U$ и $\pi(\mathfrak{g})=\mathfrak{h}$, сопряжена одной и только одной из построенных алгебр.

Для автоматизации вычислений используем систему Maple, в частности, пакеты DifferentialGeometry, LieAlgebraCohomology, LieAlgebras, получена классификация подалгебр в $\mathfrak{gl}(4,\mathbb{C})$, состоящих из нильпотентных элементов. Решение этой задачи является первым шагом в алгоритме классификации всех подалгебр алгебры Ли $\mathfrak{gl}(4,\mathbb{C})$, описанном ранее. При классификации подалгебр, состоящих из нильпотентных элементов, использована методика, приведенная выше.

Заключение

Описаны с точностью до сопряженности подалгебры линейной алгебры Ли на четырехмерном пространстве, состоящие из нильпотентных эндоморфизмов. Решение этой задачи является первым шагом в классификации всех подалгебр линейной алгебры Ли. Алгоритмы, описанные в работе, могут быть использованы для решения аналогичных задач в больших размерностях.

Список литературы

1. Мерзляков, Ю. И. Рациональные группы / Ю. И. Мерзляков. – М. : Наука, 1987. – 464 с.

2. Супруненко, Д. А. Группы матриц / Д. А. Супруненко. – М. : Наука, 1979. – 351 с.

3. Бурбаки, Н. Группы и алгебры Ли, гл. I–VIII / Н. Бурбаки. – М. : Мир, 1972–1978.

Методика моделирования автоматизированной обработки измерений в вычислительных комплексах

А.В. Нижников, email: nizhnikov77@mail.ru
М.П. Коцарь, email: bald328@mail.ru
О.В. Страшко, email: strashko57@yandex.ru
В.В. Агафонов

Военно-воздушная академия имени профессора
Николая Егоровича Жуковского и Юрия Алексеевича Гагарина

Аннотация. *В статье рассматривается проблема оценивания комплексного показателя эффективности измерительных процессов в вычислительных комплексах за счет процессов обработки измерительной информации.*

Ключевые слова: *метрологическое обеспечение, повышение качества измерительной информации, методики обработки измерений о состоянии метрологического обеспечения.*

Введение

Целью методики обработки измерений является обеспечение возможности реализации целевых процессов в соответствии с требованиями информационно-системной безопасности (ИСБ). К таким процессам относятся получение оценок показателей метрологического обеспечения (МлО) и параметров измерительных систем, позволяющих идентифицировать ситуацию мониторинга; определение взаимосвязей показателей различного уровня, определение функций влияния показателей и параметров, определение перечня критических параметров и ряд других, а также отображение и визуализация процессов обработки.

Структура методики

Структура методики должна включать два этапа обработки – предварительный и основной. Целью предварительного этапа является повышение качества измерительной информации, в частности, устранение дубликатов, противоречий, выбросов, повышение точности и достоверности данных. Основной этап обработки ориентирован прежде всего на реализацию целевых запросов, которые могут рассматриваться как экспертные запросы в некоторых функциональных областях, под которыми понимается некоторое направление

© Нижников А.В., Коцарь М.П., Страшко О.В., Агафонов В.В., 2020

деятельности системы (объекта), в интересах которого необходимо осуществлять сбор, хранение и обработку данных, а также проведение анализа, идентификации, прогнозирования и формирования рекомендаций [1]. Запросы экспертов формируются с целью получения необходимой информации для выработки рекомендаций, при этом уровень запроса тем выше, чем больше ценность запрашиваемой информации, представленной на рис. 1.

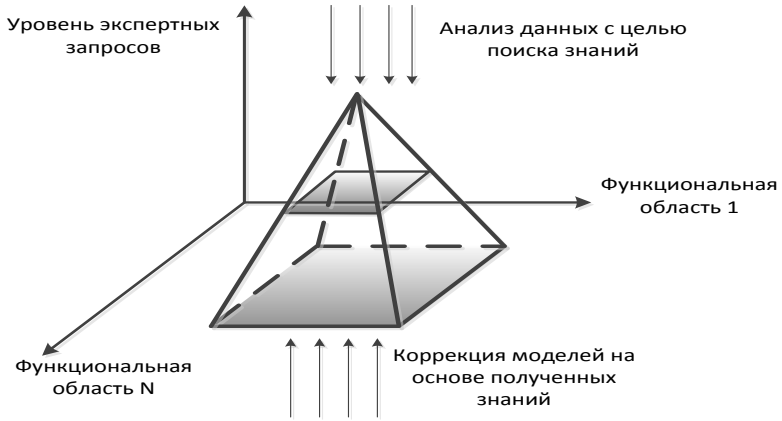


Рис. 1. Схематичное представление данных в пространстве функциональных областей и экспертных запросов

На основании обработки данных уровней 1-3, рис.2, оценивается комплексный показатель эффективности измерительных процессов вычислительных комплексов, характеризующий приращение эффективности производства продукции за счет МлО в целом (при неправильном решении это приращение может быть и отрицательным). Само по себе приращение не показывает степень достижения максимально возможного эффекта от МлО [3].

Для обеспечения ИСБ необходимо организовать процесс обработки данных в виде, представленном на рис. 1 и рис. 2. Проведенный анализ показывает, что на сегодняшний день, в различной степени реализованы только уровни обработки 1–3, изображённые на рис. 2, что явно недостаточно для реализации требований ИСБ.

Это же самое приращение показателя у другого (более сложного и менее надежного) производства может быть достигнуто и за счет менее совершенного МлО.

Рис. 2. Схематичное представление многоуровневого процесса обработки

Комплексный показатель должен представлять собой относительное приращение:

$$Ф_{мо} = \frac{\Delta Б}{\Delta Б_{max}}, \quad (1)$$

где $\Delta Б$ – приращение показателя эффективности производства за счет измерительной информации; $\Delta Б_{max}$ – максимально возможное приращение показателя эффективности производства за счет измерительной информации.

$$\Delta Б = Б^{p} - Б^{o}, \quad \textbf{(2)}$$

где $Б^{p}$ – значение показателя эффективности производства с реальным (разработанным) метрологическим обеспечением; $Б^{o}$ – значение показателя эффективности производства без измерительной информации.

$$\Delta Б_{max} = Б^{u} - Б^{o}, \quad (3)$$

где $Б^{u}$ – значение показателя эффективности производства с идеальными данными об измерительной информации.

Идеальная измерительная информация характеризуется своевременностью, нулевой погрешностью, бесконечно большой скоростью и 100%-ной полнотой измерений.

В этом случае:

$$\Phi_{мо} = \frac{K^{р}_{го} \cdot W^{р}_{о} - K^{о}_{го} \cdot W^{о}_{о}}{K^{и}_{ги} \cdot W^{и}_{о} - K^{о}_{ги} \cdot W^{о}_{о}}, \quad (4)$$

Кроме того, оцениваются следующие группы показателей:

1) показатели, характеризующие состояние проведения измерений в вычислительном комплексе;

2) показатели, характеризующие состояние измерительной информации производственной базы, как отдельных предприятий, так и системы в целом.

Введем следующие обозначения:

а) $П_i, i = 1 \div M$ – показатели измерительной информации, M – общее число показателей;

б) $K_j, j = 1 \div N$ – показатели качества образца вычислительного комплекса, N – общее число показателей.

В формализованном виде зависимость между данными показателями может быть представлена в виде выражения:

$$K_j = f_{ij}(П_i), \quad (5)$$

где f_{ij} – некоторая функция влияния показателей метрологического обеспечения на показатели качества.

Для оценки критичности влияния используется коэффициент вида:

$$t_{ij} = g_{ij}(\delta П_i, \delta K_j), \quad (6)$$

где t_{ij} – коэффициент критичности влияния, g_{ij} – функция, описывающая зависимость между приращениями $\delta П_i$ показателя $П_i$ и δK_j показателя K_j.

Коэффициент t_{ij} позволяет оценить чувствительность выходного параметра K_j по отношению к параметру $П_i$, при этом его вид, способ вычисления и шкала измерения индивидуальны для каждой отдельно взятой функции влияния f_{ij}.

В зависимости от предполагаемых типов функций влияния критичность влияния может быть оценена с точки зрения предъявляемых требований по критичности, выраженных в виде минимально (максимально) допустимых значений показателя $t^{доп}$.

Тогда для выбора критичных показателей может быть использован следующий критерий:

$$U = \begin{Bmatrix} J, если t_{ij} \le t^{доп} (или t_{ij} \ge t^{доп}) \\ \overline{J}, если t_{ij} > t^{доп} (или t_{ij} < t^{доп} \end{Bmatrix}, \quad (7)$$

где J – утверждение о том, что влияние показателя $П_i$ на показатель $К_j$ является критическим(показатель $П_i$ является критическим), $\overline{J}$ – противоположное утверждение.

Рассматриваемая методика моделирования позволяет в ходе корреляционного анализа определить наличие функций влияния f_{ij} между показателями, количественно оценить данное влияние и выделить критические показатели, а также провести идентификацию математических моделей функций влияния критических показателей.

Общая схема методики идентификации критических функций влияния представлена на рис. 3.

Целью первого этапа методики является поиск взаимосвязей между показателями метрологического обеспечения $П_i$ и показателями качества $К_j$ и выявление среди $П_i$ критических по средством осуществления корреляционного анализа массивов статистических данных. Процесс анализа основан на определении коэффициента корреляции в соответствии с выражением:

$$r_{ij} = \frac{W_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}, \quad (8)$$

где σ_i и σ_j – значение среднеквадратических отклонений для показателей $П_i$ и $К_j$, а W_{ij} – момент связи между показателями $П_i$ и $К_j$, вычисляемый в соответствии с выражением:

$$W_{ij} = M\left[(П_i - M[П_i]) \cdot (K_j - M\lfloor K_j \rfloor)\right], \quad (9)$$

где $M[П_i]$ и $M\lfloor K_j \rfloor$ – математические ожидания для показателей $П_i$ и $К_j$. Коэффициент корреляции принимает значения $-1 \le r_{ij} \le 1$, при

этом считается, что значения $|r_{ij}|$ = от 0 до 0,4 свидетельствуют о слабой корреляции, $|r_{ij}| \geq 0{,}7$ – о сильной корреляции. Отрицательный знак перед $|r_{ij}|$ показывает, что при изменении показателя $П_i$ значение показателя K_j уменьшается, а положительный – увеличивается.

Рис. 3. Общая схема методики идентификации критических функций влияния

Целью второго этапа методики, представленной на рис. 3 является идентификация математических моделей критических функций влияния, выявленных в ходе 1 этапа, осуществляемая в три под этапа:

1) Определение возможной структуры математической модели;

2) Определение ее параметров (параметрическая идентификация);

3) Выбор оптимальной модели на множестве априорных значений рассматриваемых параметров.

Результатом реализации первого под этапа для каждой функции влияния f_{ij} являются математические модели Z_{ij}, формализованно представленные в виде аппроксимирующей функции влияния:

$$Z_{ij} : f_{ij}^{*}(h_{ij}) = \Pi_i \rightarrow K_j^{*}, Z_{ij} \in \Theta_{ij}, \tag{10}$$

где $f_{ij}^{*}(h_{ij})$ – аппроксимирующая функциясучетом гипотезы о структуре математической модели $h_{ij} \in H_{ij}, \Theta_{ij}$ – множество идентифицированных моделей для функции влияния f_{ij}, K_j^{*} – множество оценок выходного параметра.

Второй под этап идентификации – параметрическая идентификация, заключается в определении параметров для каждой полученной математической модели. Методика предполагает, что реализация данных под этапами осуществляется с использованием программных продуктов автоматизированной обработки и анализа данных.

Проведенные 1 и 2 под этапы идентификации позволяют реализовать третий под этап – выбор оптимальной математической модели критической функции влияния f_{ij} на множестве априорных значений показателей МлО и качества изделия.

Для этого в методике введен показатель точности аппроксимации модели $d(Z_{ij})$, характеризующий различие между априорными значениями выходного показателя K_j и оценочными значениями K_j^{*}, полученными с использованием идентифицированной математической модели:

$$d(Z_{ij}) = \frac{1}{N}\sum_{j-1}^{N}\sqrt{(K_j - K_j^{*})^2}, \tag{11}$$

Выбор оптимальной структуры математической модели функции влияния f_{ij} на множестве априорных значений показателей МлО и качества изделия осуществляется в соответствии с критерием оптимальности вида:

$$Z_{ij}^{opt} : d(Z_{ij}^{opt}) = \min_{\Theta_{ij}} d(Z_{ij}), \tag{12}$$

при условии, что $d(Z_{ij}^{opt}) \le d^{\partial on}$, где Z_{ij}^{opt} – гипотеза об оптимальной структуре математической модели, $d^{\partial on}$ – некоторое максимально допустимое значение показателя точности аппроксимации. Данное значение задается в целях исключения заведомо неадекватных моделей. Таким образом, после реализации второго этапа методики для каждой из выявленных критических функций влияния получена оптимальная математическая модель Z_{ij}^{opt} вида (12).

Заключение

Таким образом, общая структура методики обработки информации будет выглядеть, в следующем виде:

1. Предварительный этап обработки информации:

а) повышение качества измерительной информации, устранение дубликатов,

б) противоречий, выбросов, повышение точности и достоверности данных.

2. Основной этап обработки.

2.1 Оценивание параметров, характеризующих состояние метрологического обеспечения:

а) показатели, характеризующие состояние проведения измерений в вычислительном комплексе;

б) показатели, характеризующие состояние МлО производственной базы, как отдельных предприятий, так и системы в целом.

2.2 Определение функций влияния показателей метрологического обеспечения на качество системы.

2.3 Определение множества критически важных показателей МлО, оказывающих влияние на качество системы.

3. Оценивание комплексного показателя эффективности метрологического обеспечения системы, характеризующего приращение эффективности производства и применения системы за счет решения задач метрологического обеспечения

Список литературы

1. Поморцев П.М. Метрологическое обеспечение новых технологий производства ракетно-космической техники // Новые технологии. Том 1. – М.: РАН, 2012. – с. 46 – 51.

2. Отчет по НИР «Единство-П» «Исследования и разработка предложений по совершенствованию организационной, технической и нормативно-методической базы метрологического обеспечения

производства боевой ракетной техники и ракетно-космической техники».

3. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2012. – 848 с.

4. ГОСТ РВ 1.1-96. Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники. Основные положения. – Москва : Стандартинформ, 1996. – 27 с.

5. Протокол заседания Координационного научно технического совета при Головной научно-исследовательской испытательной организации по обеспечению единства измерений в области обороны и безопасности Российской Федерации от 19 июля 2017 г.

Об одном подходе к формированию множества возможных профилей предпочтений экспертов

Б. Е. Никитин, email: nbe6419@gmail.com

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. *Рассмотрен подход к формированию множества возможных профилей предпочтений экспертов, используемый при решении задачи анализа на степень манипулируемости различных правил коллективного выбора .*

Ключевые слова: *Профиль предпочтений, функция выбора, степень манипулируемости, процедура голосования.*

Введение

При сравнительном анализе процедур коллективного выбора могут быть использованы различные подходы [1, 2]. В частности, при оценке степени манипулируемости процедур голосования актуальной является задача выявления взаимосвязи между возможностью манипулирования при заданном профиле предпочтений и различием индивидуальных функций выбора избирателей (экспертов). При решении указанной задачи используют три подхода к формированию множества возможных профилей предпочтений для конкретных значений числа экспертов и числа альтернатив [3]:

1. без ограничений на анонимность экспертов и нейтральность альтернатив;
2. с ограничением на анонимность экспертов;
3. с ограничениями на анонимность экспертов и нейтральность альтернатив.

При первом подходе $Card\left(D_1\right) = = (m!)^n$, где m – число альтернатив, n – число экспертов, D_1 – множество рассматриваемых профилей предпочтений. При втором и третьем подходах множество D_1 разбивается на классы эквивалентности по анонимности и по анонимности и нейтральности соответственно. Любой профиль предпочтений из класса может быть выбран в качестве его представителя. В результате мощность множества рассматриваемых профилей предпочтений уменьшается, т.е. $Card(D_1) > Card(D_2) > Card(D_3)$ и $D_1 \supset D_2 \supset D_3$, где D_2 и D_3 – множества

© Никитин Б. Е., 2020

рассматриваемых профилей предпочтений соответственно при втором и третьем подходах. Мощность $Card(D_2) = C_{n+m!-1}^{m!-1}$. Если n и $m!$ – взаимно простые числа, то количество рассматриваемых профилей предпочтений с ограничениями на анонимность экспертов и нейтральность альтернатив равно $\frac{C_{n+m!-1}^{m!-1}}{m!}$. С обзором основных результатов, полученных в рамках названных трех подходов, можно познакомиться, например, в [3].

1. Постановка задачи

Пусть $A-$ множество рассматриваемых альтернатив, $X-$ множество парных предъявлений на групповую экспертизу, $Card(A) = m$, $X = \{(x_i, x_j) : x_i, x_j \in A, i, j = 1,2,...,m, i < j\}, X \subset 2^A$. В результате групповой экспертизы на множестве X формируется функциональный профиль $\overline{C}(X) = \{C_k(X) : k = 1,2,...,n\}$, где $C_k(X)$ - индивидуальная функция выбора k-го эксперта, порождаемая его предпочтениями относительно рассматриваемых альтернатив. Тогда, задачу коллективного выбора можно сформулировать следующим образом: по заданному функциональному профилю $\overline{C}(X)$ необходимо определить коллективную функцию выбора $C^*(X)$ [4]. В частном случае, если в результате групповой экспертизы на множестве X наводится k антирефлексивных, транзитивных и связных бинарных отношений, то формируется профиль предпочтений $\overline{P}(X) = \{P_k(X) : k = 1,2,...,n\}$, где P_k – линейный порядок, отражающий предпочтения k - го эксперта на рассматриваемом множестве альтернатив.

Функциональному профилю $\overline{C}(X)$ (или, в частном случае, профилю предпочтений $\overline{P}(X)$) можно поставить в соответствие взвешенный ориентированный граф $G(V,E)$ без петель, в котором в качестве вершин v_i выступают рассматриваемые альтернативы, $V = \{v_i : i = 1,2,...,m\}$. Обозначим e_{ij} - вес дуги от вершины v_i до вершины v_j. Тогда, $e_{ij} = Card(\{k : x_i \overset{k}{\succ} x_j\})$, т.е., в графе $G(V,E)$) вес дуги равен числу экспертов, указавших на предъявлении (x_i, x_j) что

альтернатива x_i лучше альтернативы x_j. Заметим, что в этом случае априори соблюдается ограничение на анонимность экспертов. Что касается ограничения на нейтральность альтернатив, то выполнение этого требования сводится к построению всех графов, изоморфных графу $G(V,E)$ отражающего результаты групповой экспертизы. В результате формируется класс эквивалентности по анонимности и нейтральности функциональных профилей (профилей предпочтений). Любой граф из такого класса эквивалентности может выступать в качестве представителя этого класса.

Введем в рассмотрение матрицу Лапласа $L=(l_{ij})\in R^{m\times m}$, элементы которой

$$l_{ij}=\begin{cases}-e_{ij}, \textit{если в графе } G(V,E) \textit{ есть дуга от } v_i \textit{ до } v_j\\ 0, \textit{если } i\neq j \textit{ и в графе } G(V,E) \textit{ нет дуги от } v_i \textit{ до } v_j\\ -\sum\limits_{i\neq j} e_{ij}, \textit{если } i=j\end{cases} \qquad (1)$$

Т.е., поставим в соответствие представителю каждого класса эквивалентности матрицу вида (1). Заметим, что для заданных m и n для всех возможных $\overline{C}(X)$ (или $\overline{P}(X)$) сумма элементов, расположенных на главной диагонали матрицы L, будет равна константе $K(m,n)$. В таблице 1 приведены значения $K(m,n)$ при $m=3,4,5$ и $n=3,4,5,6$.

Таблица 1

Значения $K(m,n)$

	Три эксперта	Четыре эксперта	Пять экспертов	Шесть экспертов
Три альтернативы	9	12	15	18
Четыре альтернативы	18	24	30	36
Пять альтернатив	30	40	50	60

В общем случае

$$K(m,n)=\sum_{i=1}^{m} n(m-i)\,. \qquad (2)$$

Учитывая (2), задача определения множества $\{\overline{C}(X)\}$ (или $\{\overline{P}(X)\}$ при заданных m и n сводится к задаче определения числа разбиений $K(m,n)$ на m слагаемых s_i ($0 \le s_i \le n(m-1)$). Каждому такому разбиению соответствует лапласовская матрица вида (1). Как уже отмечалось, каждой матрице (1) можно поставить в соответствие граф $G(V,E)$, отражающий результаты групповой экспертизы на парных предъявлениях. Поэтому, предлагается в качестве представителей классов эквивалентности по анонимности экспертов и нейтральности альтернатив брать профили предпочтений, которым соответствуют указанные матрицы Лапласа. При таком подходе мощность получаемого множества D_4 функциональных профилей (профилей предпочтений) оказывается значительно меньше чем мощность множества D_3. Так, например, для $m=3$ и $n=5$ $Card(D_3)=42$, а мощность множества D_4 будет равно 15; для случая $m=4$ и $n=7$ эта разница будет уже существенней - $Card(D_3)=84825$ и $Card(D_4)=42$.

2. Результаты вычислительных экспериментов

Для случая трех экспертов и трех альтернатив было определено множество $\{L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8\}$. Исследовались спектральные характеристики соответствующих лапласовских матриц: собственные значения, собственные вектора, евклидова норма и L2-норма. Также были определены значения косинуса угла между собственным вектором, отвечающему максимальному собственному значению соответствующей матрицы Лапласа для 1-го класса эквивалентности и собственными векторами соответствующих лапласовских матриц для остальных классов эквивалентности (кроме восьмого класса). Расчеты проводились в среде Mathcad 14. В качестве процедуры голосования рассматривалась процедура Борда. В таблице 2 приведены профили предпочтений и соответствующие им матрицы Лапласа. При исследовании предполагалось, что при заданном профиле предпочтений, мотивация к изменению своих истинных (искренних) предпочтений, присутствует только у тех экспертов (избирателей), в индивидуальный выбор которых не входят альтернативы, попавшие в коллективный выбор: $\exists k : C^*(X) \cap C_k(X) = \varnothing,\ k \in \{1,2,3\}$. Напомним, что манипулирование коллективным выбором имеет место тогда, когда соблюдается условие $\widetilde{C}^*(X) \overset{k}{\succ} C^*(X)$ [3]. Здесь $\widetilde{C}^*(X)$ - коллективный выбор, получаемый после изменения своих истинных предпочтений k -

ым экспертом. Например (см. табл. 2), во втором, пятом и шестом профилях предпочтений (являющихся представителями соответствующих классов) манипулирование имеет место. В остальных случаях – нет.

Таблица 2

Матрицы Лапласа

№ класса	Профиль предпочтений	Матрица Лапласа
1	a a a b b b c c c	6 -3 -3 0 3 0 0 0 0
2	a a b b b a c c c	5 -2 -3 -1 4 -2 0 0 0
3	a a b b c a c b c	5 -2 -3 -1 3 -2 0 -1 -1
4	a a c b b a c c b	5 -3 -2 0 2 -2 -1 -1 2
5	a a c b b b c c a a b c b a a c c b a a b c b c b c a	4 -2 -2 -1 3 -2 -1 -1 2
6	a a b b b c c c a	4 -2 -2 -1 3 -2 -1 -1 2
7	a a a b b c c c b	6 -3 -3 0 2 -2 0 -1 1
8	a c b b a c c b a	3 -2 -1 -1 3 -2 -2 -1 3

Полученные результаты показывают, что наибольшие значения евклидовой нормы и L2-нормы у лапласовской матрицы,

соответствующей классу эквивалентности, в котором все эксперты сообщают при групповой экспертизе одинаковые предпочтения (профиль единогласия). А самые минимальные значения у обеих норм имеет лапласовская матрица, которая соответствует профилю предпочтений, который в результате групповой экспертизы получается таким, что все рассматриваемые альтернативы в индивидуальных упорядочениях экспертов находятся по одному разу на всех местах. Восьмой класс эквивалентности характерен еще и тем, что любое изменение в индивидуальных линейных порядках в этом профиле предпочтений влечет за собой изменение коллективного выбора. Однако это изменение оказывается всегда худшим по сравнению с первоначальным профилем предпочтений для того эксперта, который изменил свои предпочтения. У матрицы Лапласа, соответствующей восьмому классу эквивалентности, собственные значения и собственные вектора имеют комплексный характер. Отличные от единицы положительные значения косинуса угла между собственными векторами имеют место для второго, пятого и шестого классов эквивалентности, т.е. для тех случаев, когда манипулирование коллективным выбором возможно.

Заключение

Таким образом, для случая трех альтернатив и трех экспертов на основе лапласовских матриц были выделены восемь классов эквивалентности по анонимности экспертов и нейтральности альтернатив. Были исследованы спектральные характеристики указанных матриц Лапласа. Полученные предварительные результаты позволяют подойти к формулированию критериев оценки устойчивости к манипулированию заданных профилей предпочтений.

Список литературы

1. Вольский, В. И. Сравнительный анализ процедур голосования / В. И. Вольский, З. М. Лезина // Автоматика и телемеханика. – 1992. – № 2. – С. 3–29.

2. Бугаев, Ю. В. Анализ вероятностных свойств процедур построения групповых экспертных оценок / Ю. В. Бугаев, Б. Е. Никитин, И. Ю. Шурупова // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2018. – № 2. – С. 84–94.

3. Конструирование экономических механизмов [Электронный ресурс]: Отчет о Научно-исследовательской работе. / НИУ ВШЭ – Режим доступа: www.hse.ru/data/2012/04/23/1249983051/Отчет_ТЗ-55.pdf

4. Айзерман, М. А. Выбор вариантов: основы теории / М. А. Айзерман, Ф. Т. Алескеров ; – М. : Наука, Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1990. – 240 с.

Двумерная стохастическая модель переноса влаги в атмосфере

В. С. Ножкин, E-mail: nozhkin-v@list.ru[1]
М. Е. Семёнов[1, 2], И. И. Ульшин[1] , Р. М. Османов[1]

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассмотрено получение первых двух моментных функций решения уравнения переноса влаги, учитывающего турбулентные свойства атмосферы. В явном виде определены математическое ожидание и дисперсионная функция решения соответствующего уравнения переноса. В отличие от предыдущих работ рассмотрен двумерный случай уравнения переноса влаги.*

Ключевые слова: *перенос влаги, случайный процесс, характеристический функционал, математическое ожидание, дисперсионная функция.*

Введение

Локальная погода и особенно опасные явления определяются мезо- и микровозмущениями атмосферы. Прогнозирование этих возмущений осуществляется при помощи трех основных подходов [1-2] (прямого численного моделирования, моделирования крупных вихрей и использования, осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса и переноса). Это требует больших вычислительных мощностей, решения проблемы замыкания путем привлечения полуэмпирических моделей различного уровня, и правильности определения начальных условий. По этим причинам в большинстве существующих методик прогноза метеорологических явлений, в том числе с повышенным влагосодержанием, прибегают к упрощению моделей и не производят учет турбулентных движений в процессах переноса частиц воздуха.

В связи с этим целью настоящей работы является получение способа, позволяющего учитывать турбулентные свойства атмосферы при моделировании микромасштабных процессов переноса влаги в атмосфере.

© Ножкин В. С., Семенов М. Е., Ульшин И. И., Османов Р.М., 2020

1. Постановка задачи

Рассмотрим одно из уравнений модели [1, 2] выражающее постоянство массовой доли до начала момента конденсации:

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u\frac{\partial s}{\partial x} + v\frac{\partial s}{\partial y} + w\frac{\partial s}{\partial z} = 0, \tag{1}$$

где u, v, w – проекции вектора скорости движения частицы на оси локальной системы координат.

Учет турбулентных свойств атмосферы возможен в рамках стохастических методов [3-7]. В этом случае естественно трактовать проекции вектора скорости случайными процессами. Пренебрегая вертикальными движениями воздуха выражение (1) легко преобразовать к следующему виду:

$$\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial t} = -\varepsilon_1(t)\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial x} - \varepsilon_2(t)\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial y} \tag{2}$$

с детерминированным начальным условием:

$$s(0,x,y) = s_0(x,y), \tag{3}$$

где $\varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t)$ – случайные процессы, случайные процессы, характеристики которых идентифицируются на основе пространственно-временного распределения скорости ветра.

Процессы рассматриваются на всей плоскости ($-\infty < x < \infty$, $-\infty < y < \infty$).

Случайные процессы заданы посредством характеристического функционала [3-7]:

$$\varphi(\nu_1,\nu_2) = M\left[\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau)\right], \tag{4}$$

где функции ν принадлежат пространству $L_1(T)$ суммируемых на отрезке T функций с нормой $\|\nu\| = \int_T |\nu(\tau)|d\tau$; M – математическое ожидание по функции распределения процессов $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$; T – отрезок времени, на котором изучаются процессы.

Один из методов решения представленной выше задачи связан с переходом к эквивалентному детерминированному уравнению на основе подхода, развитого в работах [3-7] и связанного с понятием вариационной производной. Данный метод подразумевает идентификацию первых двух моментных функций уравнения переноса влаги со случайными параметрами.

2. Переход к детерминированной задаче

Умножим уравнение (2) на $\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau)$ и применим операцию математического ожидания по функции распределения случайных процессов $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$ к полученному равенству

$$M\left[\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial t}\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau)\right] =$$

$$= M\left[-\varepsilon_1(t)\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial x}\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau)\right] - \quad (5)$$

$$- M\left[-\varepsilon_2(t)\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial y}\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau)\right].$$

Для дальнейших вычислений введем в рассмотрение вспомогательное отображение:

$$z(t,x,y,\nu_1,\nu_2) = M\left[s(t,x,y)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau)\right], \quad (6)$$

где $x, y \in R, \nu_j \in L_1(T), j = 1,2$. Тогда уравнение (5) можно представить в виде:

$$\frac{\partial z}{\partial t} = i\frac{\delta}{\delta\nu_1(t)}\frac{\partial}{\partial x}z + i\frac{\delta}{\delta\nu_2(t)}\frac{\partial}{\partial y}z \quad (7)$$

с начальным условием:

$$z(0,x,y,\nu_1,\nu_2) = s_0(x,y)\varphi(\nu_1,\nu_2), \quad (8)$$

где $\frac{\delta}{\delta\nu_j(t)}$ – вариационные производные. Детальное описание техники вариационного дифференцирования приведено, например, в [4, 8].

Непосредственно из определений следует, что математическое ожидание решения уравнения (2) с начальным условием (3) может быть получено из соотношения (6), в котором функции ν_1 и ν_2 следует положить равными нулю. Иными словами имеет место равенство

$$z(t,x,y,0,0) = M\left[s(t,x,y)\right]. \quad (9)$$

Таким образом, для нахождения математического ожидания решения уравнения (2) с начальным условием (3) достаточно найти решение уравнения с вариационными и обычными производными (7) при условии (8) в некоторой окрестности нулевой функции пространства $L_1(T)\times L_1(T)$.

3. Математическое ожидание решения уравнения постоянства массовой доли водяного пара

Применив к обеим частям выражений (7) и (8) преобразование Фурье [8], получим

$$\frac{\partial}{\partial t}F_{x,y}[z](\xi_x,\xi_y)=i\frac{\delta}{\delta\nu_1(t)}(-i\xi_x)F_{x,y}[z](\xi_x,\xi_y)+ \\ +i\frac{\delta}{\delta\nu_2(t)}(-i\xi_y)F_{x,y}[z](\xi_x,\xi_y); \tag{10}$$

$$F_{x,y}[z(0,x,y,\nu_1,\nu_2)](\xi_x,\xi_y)=F_{x,y}[s_0(x,y)](\xi_x,\xi_y)\varphi(\nu_1,\nu_2), \tag{11}$$

где $F_{x,y}$ – преобразование Фурье по переменным x и y, а ξ_x и ξ_y – двойственные к x и y переменные, соответственно.

Введем обозначение

$$Z(t,\xi_x,\xi_y,\nu_1,\nu_2)=F_{x,y}[z(t,x,y,\nu_1,\nu_2)](\xi_x,\xi_y) \tag{12}$$

При этом соотношения (10) и (11) перепишутся в виде:

$$\frac{\partial}{\partial t}Z(t,\xi_x,\xi_y,\nu_1,\nu_2)=\xi_x\frac{\delta}{\delta\nu_1(t)}Z(t,\xi_x,\xi_y,\nu_1,\nu_2)+ \\ +\xi_y\frac{\delta}{\delta\nu_2(t)}Z(t,\xi_x,\xi_y,\nu_1,\nu_2). \tag{13}$$

$$Z_0(0,\xi_x,\xi_y,\nu_1,\nu_2)=F_{x,y}[s_0(x,y)](\xi_x,\xi_y)\varphi(\nu_1,\nu_1). \tag{14}$$

Введем вспомогательную функцию $\chi(\tau,t,\xi)$ переменного $\xi\in R$ следующим образом: $\chi(\tau,t,\xi)=sign(\xi-\tau)$ при ξ, принадлежащем отрезку с концами τ и t, и $\chi(\tau,t,\xi)=0$ в противном случае. Дальнейшие построения опираются на следующую лемму [5]:

Лемма 1. Пусть $a(t)$ – непрерывная функция на отрезке T и функционал $y: L_1(T)\to\mathbb{C}$ имеет вариационную производную $\frac{\delta y(\nu)}{\delta\nu(t)}$.

Тогда почти при всех $t \in T$ существует производная $\frac{\partial y(\nu + a\chi(\tau,t))}{\partial t}$ и выполняется равенство

$$\frac{\partial y(\nu + a\chi(\tau,t))}{\partial t} = a(t)\frac{\delta y(\nu + a\chi(\tau,t))}{\delta \nu(t)}. \qquad (15)$$

Теорема 2. Если существуют вариационные производные $\frac{\delta\varphi(\nu_1,\nu_2)}{\delta\nu_1(t)}$, $\frac{\delta\varphi(\nu_1,\nu_2)}{\delta\nu_2(t)}$, то отображение

$$Z(t,\xi_x,\xi_y,\nu_1,\nu_2) = Y_0(0,\xi_x,\xi_y,\nu_1+\xi_x\chi(0,t),\nu_2+\xi_y\chi(0,t)) \qquad (16)$$

является решением задачи (12) и (13).

Доказательство. Непосредственной подстановкой (14) в (12) и (13) и использованием леммы 1 убеждаемся в справедливости теоремы. ■

Пусть $\overset{x,y}{*}$ – знак свертки функций по переменным *x*, *y*; $F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}$ – обратное преобразование Фурье по переменным ξ_x, ξ_y.

Теорема 3. Если существует $F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[\varphi(\nu_1+\xi_x\chi(0,t),\nu_2+\xi_y\chi(0,t))\right]$, то

$$y(t,x,y,\nu_1,\nu_2) = s_0(x,y) \overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[\varphi(\nu_1+\xi_x\chi(0,t),\nu_2+\xi_y\chi(0,t))\right](x,y) \qquad (17)$$

является решением задачи (12), (13).

Доказательство. Применим обратное преобразование Фурье [8] к (14), получим (15). ■

Теорема 4. Пусть выполняются условия предыдущей теоремы, тогда

$$M\left[s(t,x,y)\right] = s_0(x,y) \overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[\varphi(\xi_x\chi(0,t),\xi_y\chi(0,t))\right](x,y) \qquad (18)$$

является математическим ожиданием решения уравнения (1), при начальном условии (2).

Доказательство. Для доказательства соотношения (16) достаточно в соотношении (15) положить $\nu_1 = \nu_2 = 0$. ■

4. Вторая моментная функция решения уравнения постоянства массовой доли водяного пара

Для определения второй моментной функции решения задачи (2), (3) введем в рассмотрение отображение:

$$w(t,x,y,t_1,x_1,y_1,\nu_1,\nu_2) =$$

$$= M\left[s(t,x,y)s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right]. \qquad (19)$$

Отметим, что введенное отображение симметрично по переменным t,x,y и t_1,x_1,y_1.

Умножим уравнения (2), (3) на $s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau)$ и применим операцию математического ожидания по функции распределения процессов $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$, получим

$$M\left[\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial t} s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right] =$$

$$= M\left[-\varepsilon_1(t)\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial x} s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right] - \qquad (20)$$

$$- M\left[-\varepsilon_2(t)\frac{\partial s(t,x,y)}{\partial x} s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right],$$

$$M\left[s(0,x,y)s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right] =$$

$$= M\left[s_0(x,y)s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right]. \qquad (21)$$

Используя вспомогательное отображение w, соотношения (18), (19) запишем в виде:

$$\frac{\partial}{\partial t} w = i\frac{\delta}{\delta \nu_1(t)}\frac{\partial}{\partial x} w + i\frac{\delta}{\delta \nu_2(t)}\frac{\partial}{\partial y} w; \qquad (22)$$

$$M\left[s(0,x,y)s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right] = \qquad (23)$$

$$= M\left[s_0(x,y)s(t_1,x_1,y_1)\exp(i\int_T \sum_{j=1}^{2} \varepsilon_j(\tau)\nu_j(\tau)d\tau) \right].$$

Определение 1. Второй моментной функцией решения задачи (2) с детерминированным начальным условием (3) называется $w(t,x,y,t_1,x_1,y_1,0,0)$ где w – симметричное по переменных t,x,y и t_1,x_1,y_1 решение задачи (20), (21) и обозначается через $M[s(t,x,y)s(t_1,x_1,y_1)]$.

Теорема 5. В условиях теоремы 2 решение задачи (20), (21) имеет вид

$$w = s_0(x,y) \overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[y(t_1,x_1,y_1,\nu_1+\xi_x\chi(0,t),\nu_2+\xi_y\chi(0,t)) \right](x,y). \quad (24)$$

где $z(t_1,x_1,y_1,\nu_1,\nu_2)$ определяется равенством (15).

Доказательство. Задача (20), (21) имеет вид задачи (7), (8). Используя формулу (14) получаем (22).

Подставим равенством (15) в (22), получим

$$w = s_0(x,y) \overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[s_0(x_1,y_1) \overset{x_1,y_1}{*} F^{-1}_{\xi_{x_1},\xi_{y_1}}\left[\varphi(\nu_1+\xi_{x_1}\chi(0,t_1)+\xi_x\chi(0,t),\nu_2+\xi_{y_1}\chi(0,t_1)+\xi_y\chi(0,t)) \right] \right]. \quad (25)$$

■

Теорема 6. В условиях предыдущей теоремы вторая моментная функция решения задачи (2), (3) имеет вид

$$M[s(t,x,y)s(t_1,x_1,y_1)] = s_0(x,y) \overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[s_0(x_1,y_1) \overset{x_1,y_1}{*} F^{-1}_{\xi_{x_1},\xi_{y_1}}\left[\varphi(\xi_{x_1}\chi(0,t_1)+\xi_x\chi(0,t),\xi_{y_1}\chi(0,t_1)+\xi_y\chi(0,t)](x_1,y_1) \right](x,y) \right] \quad (26)$$

Доказательство. Поскольку $w(t,x,y,t_1,x_1,y_1,0,0) = M[s(t,x,y)s(t_1,x_1,y_1)]$, то из (23) при $\nu_1=\nu_2=0$ получаем (24). ■

Важной статистической характеристикой случайного процесса является дисперсионная функция $D[s(t,x,y)] = M[s^2(t,x,y)] - (M[s(t,x,y)])^2$.

Теорема 7. Пусть выполняются условия теоремы 3, тогда дисперсионная функция решения задачи (2), (3) имеет вид

$$D\left[s(t,x,y)\right] = s_0(x,y) \overset{x,y}{*}$$

$$\overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[s_0(x,y) \overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[\varphi(2\xi_x\chi(0,t),2\xi_y\chi(0,t)\right](x,y)\right](x,y) - \tag{27}$$

$$-\left(s_0(x,y) \overset{x,y}{*} F^{-1}_{\xi_x,\xi_y}\left[\varphi(\xi_x\chi(0,t),\xi_y\chi(0,t))\right](x,y)\right)^2 .$$

Доказательство. Подставив в формулу определения дисперсионной функции равенства (16) и (24) и положив в последнем выражении $t_1 = t,\ x_1 = x,\ y_1 = y$, получим (25). ■

Заключение

В настоящей статье предложена двумерная модель переноса влаги в атмосфере, позволяющая учитывать ее турбулентные свойства в рамках стохастических методов. Получены явные формулы математического ожидания и второй моментной функции решения уравнения переноса влаги со случайными коэффициентами в общем виде. Поученные результаты применительны к задачам метеорологии сосредоточены, прежде всего, в области прогнозирования погодных явлений малого пространственно-временного масштаба. Именно на таких интервалах учет случайных составляющих в моделях переноса представляется вполне оправданным, поскольку неконтролируемые отклонения скорости ветра могут вносить существенные изменения в распределения метеорологических величин.

Список литературы

1. Матвеев, Л. Т. Физика атмосферы : книга / Л. Т. Матвеев. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2000. – 778 с.
2. Белов, Я. Н. Численные методы прогноза погоды : книга / Я. Н. Белов, Е. П. Борисенков, Б. Д. Панин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 376 с.
3. Модель адвективных изменений влажности воздуха со стохастическими параметрами / В. Г. Задорожний [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Системный анализ и информационные технологии. – 2019. – № 2. – С. 38-48.

4. Zadorozhniy, V. G. Stabilization of Linear Systems by a Multiplicative Random Noise / V. G. Zadorozhnii // Differential Equations. 2018, Vol. 54, i. 6. P. 728-747.

5. Zadorozhniy, V. G. Linear chaotic resonance in vortex motion / V. G. Zadorozhnii // Computational mathematics and mathematical physics. 2013, Vol. 53, i. 4. P. 486-502.

6. Stochastic model of moisture motion in atmosphere / Nozhkin V. S. [et al.] // J. Phys.: Conf. Ser. 2018. Vol. 1096. 012167. doi:10.1088/1742-6596/1096/1/012167.

7. A stochastic approach to the solution to the differential equation of heat transfer in the atmosphere / Nozhkin V. S. [et al.] // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. Vol. 1368. 042012. doi:10.1088/1742-6596/1368/4/042012.

8. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник для вузов / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – Москва: Наука, 1989. – 624 с.

Алгоритм прогнозирования технического состояния радиоинформационных систем по данным встроенного контроля

А.В. Осипов [1], E-mail: s-ash@mail.ru, ,
А. Ю. Перлов [2], В. А. Панкратов [2], А. М. Казанцев [2]
[1] АО «Р.О.С.СПЕЦТЕХМОНТАЖ»
[2] АО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца»

Аннотация. *Разработан алгоритм прогнозирования технического состояния радиоинформационных систем. Приведено описание основных операций алгоритма. Показана его эффективность при прогнозировании технического состояния на основе имитационных данных.*

Ключевые слова: *машинное обучение, прогнозирование, отказы, радиоинформационные системы*

Введение

Современные радиоинформационные средства (РИС) – это структурно-сложные радиотехнические и информационные системы, характеризующиеся высокой надежностью функционирования и большим числом цифровых компонентов в своем составе.

Обеспечение бесперебойной и безотказной работы РИС в течение всего срока эксплуатации – необходимое условие для выполнения их технических задач. В значительной степени работоспособность РИС определяется качеством и надежностью функциональных систем, блоков и других цифровых компонентов, входящих в ее состав.

Высокий уровень надежности достигается во многом благодаря применению классических методов теории надежности, диагностики и методиками эксплуатации (технического обслуживания). Вместе с тем, происходящие отказы и сбои в функционировании РИС– явления хоть и имеющие редкий характер, но, порой, приводящие к критическому снижению технических характеристик, не позволяющему изделию выполнять задачи по назначению.

Таким образом, для заблаговременного выявления и исключения критических отказов РИС необходимо решить задачу прогнозирования технического состояния изделия и характеристик надежности.

Осипов А. В., Перлов А. Ю., Панкратов В. А., Казанцев А.М., 2019

1. Методы решения задачи прогнозирования технического состояния

Цифровизация современных РИС, уровень развития систем диагностического контроля, а также достижения в области алгоритмов машинного обучения и анализа данных, позволяют разработать модели и алгоритмы прогнозирования технических состояния РИС.

Задача прогнозирования технического состояния РИС в реальном времени требует обеспечения оперативного доступа к данным встроенного контроля всех компонентов РИС за длительный (несколько месяцев и более) интервал работы изделия. При этом входными данными для алгоритма прогнозирования являются:

– данные технического состояния при отработке компонентов РИС (в том числе ретроспективные данные РИС предыдущего поколения) на этапе изготовления изделия;

–данные системы встроенного контроля при эксплуатации изделия.

Для решения задачи прогнозирования технического состояния РИС может быть применен различный математический аппарат: вероятностные методы, методы статистического анализа, методы машинного обучения и др [1-2]. Классификация методов прогнозирования технического состояния представлена на рис. 1.

Рис. 1. Классификация методов прогнозирования

Выбор методов прогнозирования, как правило зависит от типа и характера изменения контролируемых параметров. Процесс изменения параметров может быть либо стохастическим, либо детерминированным с некоторыми шумами. Для стохастического процесса рационально применять классические методы математической статистики, а для детерминированного использовать методы машинного обучения.

Таким образом, способность к обучению дает возможность оперативно корректировать параметры моделей прогнозирования при изменяющихся условиях функционирования РИС.

2. Алгоритм прогнозирования

Качество исходных данных играет определяющую роль при обучении модели прогнозирования. Чем выше качество данных, чем больше полнота, объём, тем эффективнее алгоритмы и точнее результаты прогноза.

Исходные данные о диагностической информации РИС, состоящей из m компонентов, и общим числом датчиков контроля n, представляют собой матрицу $X(t)$, каждая строка которой x^t содержит набор показаний датчиков определенного компонента РИС в виде $x^t = \left\{x_{11}^t, x_{21}^t, x_{31}^t, ..., x_{nm}^t\right\}$, где каждое x_{ij}^t - состояние *i*-го датчика *j*-ого блока в момент времени t.

На рис. 2 представлены основные операции алгоритма прогнозирования технического состояния РИС.

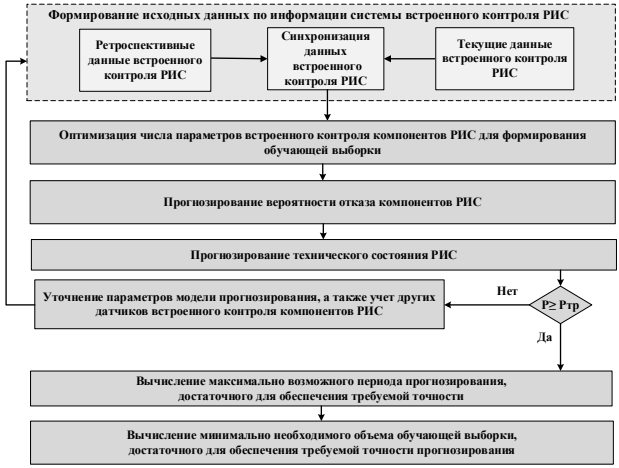


Рис. 2. Алгоритм прогнозирования технического состояния РИС

Применительно к современным образцам РИС прогнозирование заключается в вычислении регрессии $P(X)$, как функции текущего технического состояния X, и связано с решением соответствующих задач классификации и регрессии, где X интерпретируются, как признаки, а $P(X)$ – как результат [3].

Обеспечение требуемой точности прогноза достигается за счет итеративного уточнения основных параметров системы прогнозирования, а именно максимально возможного периода прогнозирования, а также минимально необходимого объема обучающей выборки.

Прогнозирование функциональных характеристик основано на применении методов машинного обучения «с учителем», и связано с решением соответствующих задач классификации и регрессии.

Пример результата работы предложенного алгоритма прогнозирования на 60 отсчетов вперед показан на рис. 3.

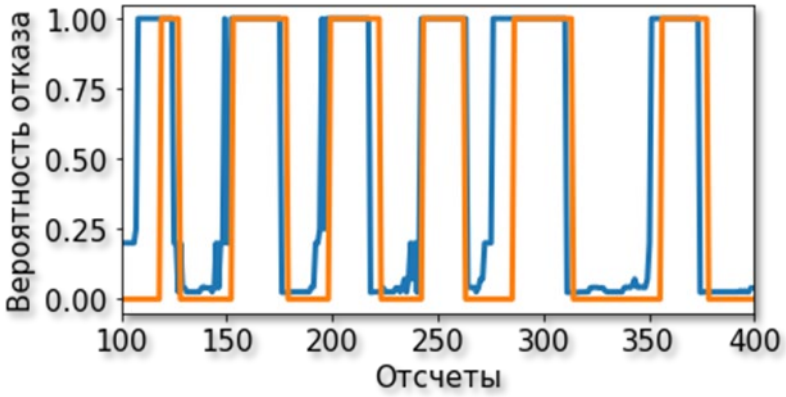


Рис. 3. Результаты прогнозирования технического состояния

Под одним отсчетом понимается время, равное интервалу записи технического состояния рассматриваемой РИС. Важно отметить, что результаты работы алгоритма получены по результатам имитационных данных о техническом состоянии РИС [4]. Использование имитационных данных обусловлено редким характером отказов в современных РИС.

Для прогнозирования, использовался алгоритм градиентного бустинга на решающих деревьях. Разработанный алгоритм позволил

эффективно спрогнозировать появление отказов изделия связанных с перегревом его компонентов. Среднее отклонение прогноза от истинного состояния составило 10% для прогноза на протяжении 400 отсчетов.

Заключение

В ходе работы разработан эффективный алгоритм, который позволяет спрогнозировать техническое состояние РИС. Ошибка прогнозирования составила 10% с учетом горизонта прогнозирования равного 60 отсчетам.

Список литературы

1. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов : учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
2. Data Mining: Информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.intuit.ru/
3. Калинов И.А., Кочкаров А.А., Матвеева С.С. Основные принципы применения методов машинного обучения для оценки функционирования радиолокационных станций // Радиотехника. – №10. М: – 2018.– С. 18-23.
4. Антошина В. М., Загер И. Б., Логовский А. С., Львов К. В., Перлов А.Ю. Имитационная модель данных о техническом состоянии функциональных систем РЛС при решении задачи прогнозирования отказов // Электромагнитные волны и электронные системы, Москва: Радиотехника, 2019. — №5. С. 11–16.

Определения коэффициента бародиффузии технологического процесса ионообменного фильтрования суспензии

Б. Ю. Палванов, email: bozorboy@yandex.ru [1]
Ж.К. Юсупова, email: bpolvonov@mail.ru [1]
К. Р. Бабаджанов email: bpolvonov@mail.ru [2]

[1] Ургенчский филиал Ташкентского университета информационных технологий
[2] Ургенчский государственный университет

Аннотация. *В работе приведена метода определения опытного параметра коэффициента бародиффизии для проведения вычислительных экспериментов в технологическом процессе фильтрования жидких ионизированных растворов. Разработанная математическая модель позволяет получит расчетные данные, для исследование других параметров агрегата с учетом физико-механических свойств жидкости при очистки растворов в ионообменной колонки.*

Ключевые слова: *Бародиффузия, ионообменная фильтрования, вычислительный эксперимент, концентрация, фильтровальной перегородки, гель-частиц, аналитические решение.*

Введение

В настоящее время назрела необходимость шире использовать современные способы исследования технологических процессов с применением вычислительных системы, позволяющих прогнозировать эти процессы в условиях, максимально приближающихся к объекту исследования. Сочетание таких способов с методами компьютерной и химической технологии является основой методологии системного подхода в современной химической и пищевой технологии.

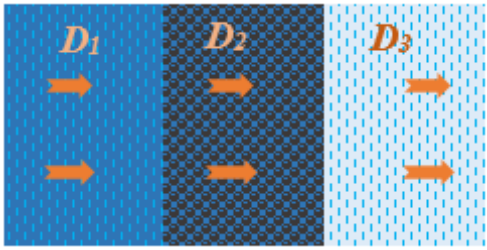
В процессе движения ионизированного раствора через ионитный фильтр зерна ионита набухают и изменяется пористость и проницаемость фильтра, следовательно, меняется и его сопротивление. Математическая модель, учитывающая это явление, содержит новый параметр, так называемой коэффициент «бародиффузии» – D_b, который является опытным параметром. Для его определения в каждом конкретном случае необходимы экспериментальные наблюдения. Как правило, эти эксперименты очень трудоемкие. Однако при сочетании численно-аналитического решения с очень простым экспериментальным наблюдением можно получить значение коэффициента бародиффузии D_b с достаточно большой точностью.

Настоящая работа посвящена определению коэффициента бародиффузии D_b.

Материалы и методы

Рассматривается для отыскания искомых функций распределения веществ в сорбирующей среде на любой стадии процесса составляют систему дифференциальных уравнений, количественно описывающих процесс динамической сорбции. Дифференциальные уравнения, описывающие процессы динамики сорбции в самом общем виде, являются дифференциальными уравнениями в частных производных первого и второго порядка. Системы дифференциальных уравнений динамики сорбции с большим трудом поддаются решению в законченной аналитической форме. Лишь в частных случаях и к тому же при упрощающих допущениях удается получить полные аналитические решения. В тех случаях, когда методы математической физики не позволяют получить решение задач динамики сорбции, прибегают к численному интегрированию дифференциальных уравнений, т.е. для решения используют методы исчисления конечных разностей.

Рассмотрим составление уравнений баланса сорбируемых веществ в процессе их движения через пористую среду. Пусть внутри пористой среды движется в каком-либо направлении поток смеси сорбируемых веществ (*рис 1*).



D1-жидкая среда; D2-пористая среда; D3- очищенная жидкая среда

Рис. 1. Схематическая вид движение суспензии внутри фильтравального агрегата

Предполагаем, что средняя пористость и сорбционные свойства среды во всех точках одинаковы, и вводим следующие обозначения: *x, y, z* – прямоугольные координаты, в которых рассматривается движение сорбируемых веществ; *t* - время процесса; *u* - линейная скорость потока внутри пористой среды - векторная величина ($\vec{u}$); *j* - число компонентов смеси веществ; *i* - номер компонента смеси веществ; n_i – объемная концентрация *i* - го компонента в составе подвижной фазы в расчете на

единицу объёма пористой среды; N_i - объемная концентрация i-го компонента в составе неподвижной фазы - сорбента также в расчете на единицу объема пористой среды.

Теперь подведем общий баланс вещества в элементарном слое:

$$-\left[div(n_i\vec{u})\right]dxdydz = \frac{\partial N_i}{\partial t}dxdydzdt + \frac{\partial n_i}{\partial t}dxdydzdt = 0. \qquad (1)$$

Если кроме механического потока происходит дополнительный перенос веществ в результате молекулярной диффузии и конвекции, то в уравнение (1) необходимо ввести еще дополнительный член, учитывающий эти процессы переноса веществ.

Диффузионно-конвекционный перенос можно учесть согласно теории диффузии при помощи следующего уравнения [1, 2]

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} + \frac{\partial N_i}{dt} + div\left(n_i\vec{u}\right) = D_{m,i}\left(\Delta n_i + \lambda_i \Delta T\right) \qquad (2)$$

Для процесса динамики сорбции смеси веществ получаем систему N таких уравнений баланса $(1 \le i \le N)$.

При решении задачи сорбции (разделения компонентов) в уравнении (2) обычно членом ΔT пренебрегают.

С учетом изменения градиента давления в ионитной колонке уравнения баланса вещества (2) записываются в виде

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} + \frac{\partial N_i}{dt} + div\left(n_i\vec{u}\right) = D_{m,i}\Delta n_i + \frac{D_b}{P}\frac{\partial P}{\partial x} \qquad (3)$$

где D_b - коэффициент бародиффузии, как положительная, так и отрицательная величина; P - давления в колонке фильтровального агрегата.

Для определения коэффициента бародиффузии запишем общее уравнение динамики сорбции одного вещества с линейной изотермой сорбции Генри в виде [1-2]:

$$m\frac{\partial n}{\partial t} + W\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial t} = D\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \frac{D_b}{P}\frac{\partial P}{\partial x}, \qquad (4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \beta\left(n - \Gamma N\right) \qquad (5)$$

$$m\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial P}{\partial x}\right), \qquad (6)$$

где Γ - коэффициент Генри.

Краевые условия задачи запишем в виде

$$\left.\begin{array}{ll} n_{01} = n,\ N = N_0, & P = f(x),\ (t = 0) \\ n = n_0,\ k\dfrac{\partial P}{\partial x} + \gamma P = P_0, & (x = 0) \\ n = n_{02},\ \partial P / \partial x = 0, & (x = \infty) \end{array}\right\} \qquad (7)$$

где $\gamma, f(x)$ - заданные величины; n, N – неравновесные концентрации в растворе и сорбенте; W – скорость движения раствора в ионитной колонке;

D, D_b – коэффициенты диффузии и бародиффузии; P – давление; β-эффективная константа обменивающихся ионов; m, k – пористость и коэффициент проницаемости ионита; n_{01}, N_0 – исходные концентрации ионов в растворе и ионите; P_0 – начальное давление в колонке.

Для задачи сорбции $n_{01} = 0,\ n_{02} = n_0,$ для задачи десорбции $n_{01} = n_0,\ N_0 = 0, n_{02} = 0.$

Задача заключается в том, чтобы сочетая аналитическое решение системы (4)-(7) с экспериментальными данными получить явный аналитический вид коэффициента бародиффузии.

Для этой цели сначала решим уравнение (4) с соответствующими краевыми условиями (7).

В общем случае пористость m и проницаемость $к$ являются функциями x и t.

Для получения аналитического решения поставленной задачи положим $k = const,\ m = const$ и получим вместо уравнения (6) следующее:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = a\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \qquad (8)$$

при начальном

$$t = 0,\ P = P_0 = const \qquad (9)$$

и граничных

$$x = 0,\ \frac{\partial P}{\partial x} + \gamma P = f(t) \qquad (10)$$

$$x=\infty,\ \partial P/\partial x=0 \qquad (11)$$

условиях, где $a=k/m$.

Задачу будем решать операционным методом. После некоторых преобразование уравнению (8) с условиями (9)-(11) получим искомый функции

$$P=\frac{He^{b^2t}}{(-b)^3}e^{bx/\sqrt{a}}\cdot\left[1-erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}+b\sqrt{t}\right)\right]-\frac{H}{(-b)^3}\left(1-4b^2t\right)\times$$

$$\times\left[1-erfc\,x/2\sqrt{at}\right]+\frac{Hb}{(-b)^3\sqrt{a}}x\left(1-erfc\,x/2\sqrt{at}\right)+\frac{H\cdot 2b\sqrt{t}}{(-b)^3\sqrt{\pi}}e^{-x^2/4at};$$

$$\frac{\partial P}{\partial x}=\frac{He^{b^2t}}{(-b)^3}\cdot e^{bx/\sqrt{a}}\cdot b/\sqrt{a}\left[1-erfc\left(x/2\sqrt{at}+b\sqrt{t}\right)\right]+\frac{He^{b^2t}}{(-b)^3}e^{bx/\sqrt{a}}\times$$

$$\times\left(-\frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{-\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}+b\sqrt{t}\right)^2}\cdot\frac{1}{2\sqrt{at}}\right)+\frac{H}{(-b)^3}\left(1-4b^2t\right)\cdot\frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{-\left(x/2\sqrt{at}\right)^2}\cdot\frac{1}{2\sqrt{at}}+$$

$$\frac{H}{(-b)^2\sqrt{a}}\left(1-erfc\,x/2\sqrt{at}\right)+\frac{H}{(-b)^2\sqrt{a}}x\left(-\frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{-\left(x/2\sqrt{at}\right)^2}\cdot\frac{1}{2\sqrt{at}}\right)+$$

$$+\frac{H\cdot 2\sqrt{t}}{(-b)^2\sqrt{\pi}}\cdot e^{-x^2/4at}\cdot\left(-\frac{x}{2at}\right).$$

Таким образом получено искомая функция для определения давление внутри фильтра.

Если известно значение n в какой-либо точке, не являющейся точкой на границах, тогда формула для определения коэффициента бародиффузии можно записать следующим виде:

$$D_b=\frac{n(x_k,t)-q_1(x_k,t)}{q_2(x_k,t)},$$

где x_k – любая точка внутри рассматриваемой области,

$$q_2(x,t) = e^{(k_1+k_4)t+(k_2+k_3)x}\left\{\frac{Dn_0}{m}e^{\frac{D}{m}(k_2+k_3)x}\cdot\left[e^{-(k_2+k_3)x} - \frac{1}{2}\left(e^{-\frac{mx}{D}(k_2+k_3)}\times\right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left.\times erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\frac{D}{m}t}} - \sqrt{\frac{D}{m}t}(k_2+k_3)\right) + e^{\frac{mx}{D}(k_2+k_3)}\cdot erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\frac{D}{m}t}} - \sqrt{\frac{D}{m}t}(k_2+k_3)\right)\right)\right]\right\} +$$

$$+\frac{n_{01}x}{2\sqrt{\frac{D}{m}\pi t^3}}e^{-(k_1+k_4)t}\cdot e^{-Dx^2/4mt} + \frac{D_b}{D}\int_0^t \Phi_0(\tau)erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{C_0(t-\tau)}}\right)d\tau.$$

Итак, на основе полученной формулы были проведены вычислительный эксперимент при следующих исходных данных:

$$\beta = 0,00248;\ \gamma = 0,705;\ M = 0,4;\ n_{01} = 51;$$

$$DT = 0,010;\ D = 0,0000029;\ \mathrm{W} = 0,0025;\ H_1 = 0,050;$$

$$n_1 = 0,02800;\ n2 = 0,02500;\ N_x = 21,0;\ N_t = 10.$$

Выводы

Получено аналитическое решение систем линейных уравнений диффузии и массообмена с постоянной скоростью движения и переменным градиентом давления воспользуюсь которых можно проверить адекватности разработанных математических моделей процесса массопереноса в пористых средах.

При незначительном количестве экспериментальных данных из полученных решений определялся коэффициент бародиффузии который является одним из основным параметром технологических процессов ионообменного фильтрования ионных растворов. Как следует из проведенных численных расчетов, по определению коэффициента бародиффузии, изменение его значения подчиняется логарифмическому закону. По вычисленной значениях коэффициента бародиффузии, можно получить функциональный зависимость для вычисления коэффициента бародиффузии

Список литературы

1. Равшанов Н., Палванов Б.Ю. Математическая модель для ионообменной сорбции двухкомпонентных растворов // Журнал

«Проблемы вычислительной и прикладной математики», – Ташкент. – 2017. – №5(11). – С.55-61.

2. Палванов Б.Ю. Компьютерная модель и вычислительный эксперимент для исследования процесса многократного ионообменного фильтрования суспензий // Проблемы вычислительной и прикладной математики Научный журнал. -2016. -№.4. -С.48-63.

Способ однопозиционного определения координат радиоизлучающих средств

М. Л. Паринов, email: pml_27_2_8@mail.ru,
Е. В. Петренков, В. А. Коломоец

Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *В статье рассматривается способ определения координат радиоизлучающих средств, базирующийся на измерении кривизны фазового фронта электромагнитной волны. Проводится анализ линейной ошибки местоопределения на основе результатов имитационного моделирования предлагаемого способа.*

Ключевые слова: *координатометрия, имитационное моделирование, линейная ошибка местоопределения.*

Введение

Ведение боевых действий в настоящее время определяется все большей их зависимостью от информационно-управляющей компоненты, влияние которой, в первую очередь, возрастает в силу концептуальных особенностей построения системы управления, опирающихся на сетецентрический принцип, предусматривающий формирование единого информационного пространства с иерархически распределенным доступом [1]. Одним из существенных элементов этого пространства, определяющих особенности применения, в том числе, основных систем вооружения, является информация о противоборствующей группировке войск, включающей в себя, помимо прочего, данные о пространственном размещении излучающих радиоэлектронных средств (РЭС). Принимая во внимание применяемые в настоящее время в существующих и перспективных образцах средств радиоэлектронной разведки и радиоэлектронной борьбы способы пеленгования и координатометрии можно прийти к выводу, что решение этих задач предполагает пространственное разнесение элементов системы местоопределения. Подобные условия существенно повышают уязвимость системы по направлениям реализации функций информационного обмена и синхронизации [2].

© Паринов М. Л., Петренков Е.В., Коломоец В.А., 2020

Вместе с тем, в настоящее время прослеживается устойчивая тенденция, характеризуемая значительным увеличением точностных показателей аппаратуры, позволяющей проводить измерения параметров электромагнитных волновых процессов, что открывает возможности в пределах небольших, по сравнению с длиной волны, областей пространства, проводить оценку изменения, например, их фазы. Данные обстоятельства позволяют снять ряд ограничений при реализации способов фазовой пеленгации и тем самым расширить их функциональность.

Сказанное выше определяют цель настоящей работы, заключающуюся в формировании способа фазовой координатометрии, предполагающему возможность измерения кривизны фазового фронта электромагнитной волны, с последующим определением координат источника радиоизлучения.

1. Способ определения координат источника радиоизлучения

Рассмотрим линейную эквидистантную антенную решетку, элементы которой, с точки зрения рассматриваемой задачи, можно рассмотреть как пространственно разнесенные измерители относительной фазовой задержки, расположенные в точках с координатами $\{x_i, y_i\}$, где $i = \overline{1, N}$, N - количество элементов решетки.

Результаты, полученные при оценке величины относительной фазовой задержки, определим в виде множества:

$$\{\Delta\varphi_{ij}\}, i = 1, N, i \neq j \tag{1}$$

где j - номер опорного вибратора антенной решетки.

Принимая во внимание, что геометрическое место точек пересечения эквифазной поверхности источника электромагнитного излучения, в предположении ее сферичности и плоскости, в которой лежат источник излучения и антенная решетка, представляет собой окружность, можно утверждать, что величины разностей фаз выражения (1) определяют разности хода волн,

$$\{\Delta d_{ij}\} = \lambda / 2\pi \cdot \{\Delta\varphi_{ij}\}, i = 1, N, i \neq j \tag{2}$$

которые, в свою очередь, характеризуют величины отрезков, восстановленных из точек расположения измерителей (элементов решетки) до «следа» фронта волны источника (см. рис.1).

Допустим координаты точек $\{(x_{0i}, y_{0i})\}$, определяющих пространственное положение фронта волны на соответствующей плоскости, являются известными.

В соответствии с чем, в детерминированной постановке задача определения координат источника излучения фактически сводится к определению геометрических параметров окружности по известным координатам ее точек.

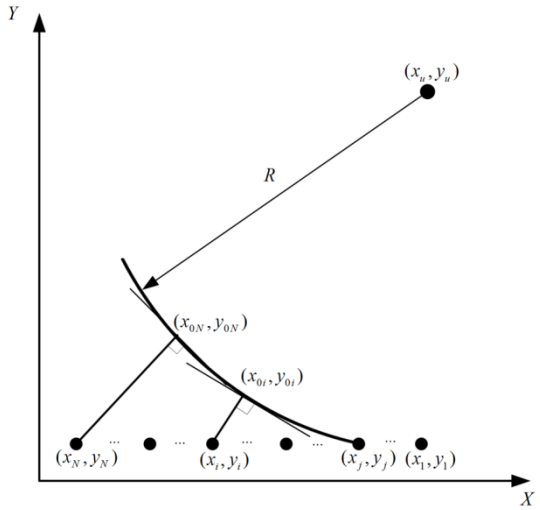


Рис. 1. – Геометрия задачи местоопределения

Уравнение окружности, как кривой второго порядка, запишем в виде, представленном следующим соотношением:

$$ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2dx + 2ey + f = 0,\ a = 1, b = 0, c = 1. \quad (3)$$

То есть для получения уравнения окружности необходимо определить величины параметров d, e, f, которые, в свою очередь, позволят рассчитать координаты ее центра и радиус, исходя из выражений:

$$x_u = -d, y_u = -e, r = \sqrt{d^2 + c^2 - f} \quad (4)$$

Вполне логично предположить, что для решения данной задачи достаточно координат трех точек окружности. Подобные условия позволяют сформировать систему линейных уравнений в следующем виде:

$$x_{0k}^2 + y_{0k}^2 + 2dx_{0k} + 2ey_{0k} + f = 0,\ k = \overline{1,3} \quad (5)$$

Таким образом, решение системы (5) дает возможность, воспользовавшись результатами измерения разности хода волн в трех

точках, располагающихся в одной области пространственной локализации, определить координаты источника излучения.

2. Моделирование процесса местоопределения

В интересах оценки влияния точности установления координат «следа» фазового фронта, а равно как и определения относительной фазовой задержки между соответствующими измерителями, на значения показателей, характеризующих качество решения задачи местоопределения источника излучения, возникает необходимость проведения вычислительного эксперимента, в основу которого будет положен хорошо зарекомендовавший себя при решении подобных задач метод статистических испытаний – метод Монте-Карло [3].

В качестве показателя, характеризующего точность определения координат, рассмотрим величину линейной ошибки Δr, определяемой как расстояние между точками с рассчитанным $(\hat{x}_u, \hat{y}_u)$ и истинным (x_u, y_u) местоположением источника излучения:

$$\Delta r = \sqrt{(\hat{x}_u - x_u)^2 + (\hat{y}_u - y_u)^2} \qquad (6)$$

При формировании элементов структуры вычислительного алгоритма оценки линейной ошибки координатометрии определим ограничение на вид закона распределения координат фазового фронта, который зависит от распределения величины измеряемого относительного фазового набега. С учетом того, что последние связаны линейным преобразованием, а закон распределения измеренных значений фазы можно считать близким к нормальному [3,4], то координаты фазового фронта также будут распределены по нормальному закону [5].

С учетом сказанного выше, а также принимая во внимание выражения (4), (5), структуру вычислительного алгоритма расчета величины линейной ошибки местоопределения определим в виде, представленном на рис. 2.

Для проведения вычислительного эксперимента сформируем множество исходных данных в следующем виде: удаление источника излучения от области пространственной локализации измерителей фазы, отсчитываемое от точки с координатами (x_i, y_i) составляет 1 км, длина волны источника $\lambda = 1м$, длина решетки $D = 1м$, количество элементов - 3.

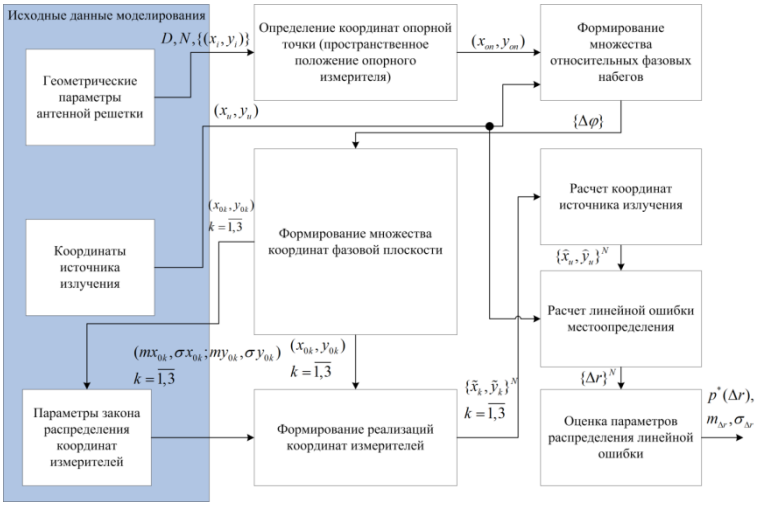


Рис. 2. Структура вычислительного алгоритма оценки линейной ошибки местоопределения

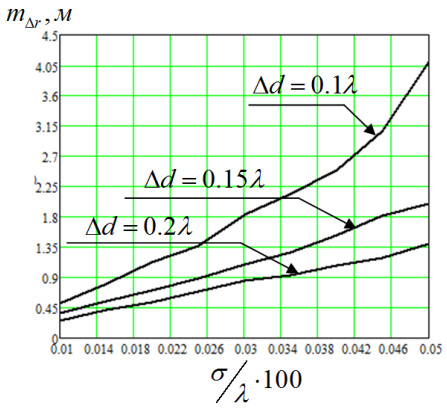


Рис. 3. Графики зависимости линейной ошибки местоопределения от степени неопределенности пространственного положения одной из точек фазовой плоскости

3. Анализ результатов вычислительного эксперимента

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 3, показывает, что увеличение степени неопределенности пространственного

положения одной из точек фазового фронта, в частности, применительно к вычислительному эксперименту – средней из них, приводит к существенному росту величину среднего значения линейной ошибки местоопределения. При этом, для малого по отношению к длине волны среднеквадратического отклонения координат, вид зависимости близок к линейному (в диапазоне от $10^{-4}\lambda$ до порядка $0.42\cdot 10^{-4}\lambda$), а при $\sigma > 0.42\cdot 10^{-4}\lambda$ рассматриваемая зависимость становится нелинейной, в частности, это хорошо видно на рис.4а, при $\Delta d = 0.2\lambda$. Следует отметить, что дальнейшее увеличение σ приводит к лавинообразному росту ошибки, что фактически характеризует невозможность определения координат и устанавливает допустимый порог по неопределенности в оценке пространственного положения фазового фронт, то есть фактически – требования к точности измерения относительной фазовой задержки.

Помимо этого, на точность оценки координат оказывает влияние расстояние между измерителями. Так, согласно приведенных зависимостей последняя растет при увеличении этого параметра, что объясняется, как уменьшением относительного значения среднеквадратической ошибки определения координат измерителя фазы, так и степенью чувствительности к кривизне фазового фронта волны источника в области расположения измерителей.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе рассмотрен способ определения координат источника излучения, основанный на измерении кривизны фазового фронта электромагнитной волны в минимум трех пространственно разнесенных на расстояние сравнимым с длинной волны точках. В интересах оценки точности определения координат предлагаемым способом на основе вычислительного алгоритма, разработанного с применением метода Монет-Карло, была разработана его имитационная модель. Результаты моделирования подтверждают состоятельность предлагаемого способа и позволяют сформулировать требования к точности измерения относительной фазовой задержки при заданных значениях показателей, характеризующих точность определения координат, и оценочных данных об области неопределенности, характеризующей относительное пространственное размещение излучающего радиоэлектронного средства.

Список литературы

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения: Монография/ Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов [и др.]; под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 232с.

2. Козирацкий, Ю.Л. Способы синхронизации в забрасываемой пространственно-распределенной системе пеленгования/ Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов, С.В. Петренков // М.: Радиотехника №12, 2015, – С. 22-27.

3. Вентцель, Е.С. Теория вероятности. М.: Главное издательство физико-математической литературы, 1962. – 576с.

4. Кукес, И.С. Основы радиопеленгации /И.С. Кукес, М.Е. Старик. – М.: «Сов. Радио», 1964. – 640с.

5. Паринов, М.Л. Моделирование процесса местоопределения в условиях неопределенности пространственного размещения элементов угломерной системы координат/ М.Л. Паринов, Е.В. Петренков, И.В. Цалиев // Материалы XIX международной научно-методической конференции “Информатика: проблемы, методология, технологии”. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. – С. 489-495.

Выравнивание яркости аэрофотоснимка, имеющего неоднородность освещённости из-за кучевой облачности

Я. В. Петросян, e-mail: peterson72@yandex.ru

В. С. Свищо, e-mail: s-vit77@mail.ru
ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *Приводится методика автоматического выравнивания яркости в пределах одного полутонового или цветного цифрового аэрофотоснимка, имеющего неоднородность освещения из-за кучевой облачности.*

Ключевые слова: *цифровое изображение, яркостная коррекция изображения, цветовая коррекция изображения.*

Введение

При проведении аэрофотосъёмочных работ в условиях развитой кучевой облачности возникает неоднородность освещённости в пределах одного снимка. Это ухудшает качество автоматической сшивки нескольких аэрофотоснимков, так как области перекрытия двух изображений могут быть освещены по-разному, что ухудшает работу алгоритма поиска контрольных точек [1, 2]. Также ухудшается качество полученной панорамы, так как чётко видно место сшивки изображений отличающихся по яркости.

В связи с этим возникает необходимость предварительного выравнивания яркости как в пределах одного снимка, так и приведения множества снимков к общей яркости. В данной статье рассматривается выравнивание яркости в пределах одного снимка, что является более трудоёмкой задачей.

1. Постановка задачи

Пусть имеется один аэрофотоснимок имеющий неоднородную освещённость из-за частичного закрытия Солнца кучевой облачностью, которая даёт достаточно плотную тень с хорошо очерченными краями.

Необходимо создать алгоритм, работающий в автоматическом режиме, который позволяет выровнять яркости областей изображения освещённых Солнцем и в тени так, чтобы они не отличались по яркости в случае полутонового изображения, а в случае цветного изображения ещё и не имели цветового дисбаланса.

Демонстрацию работы полученного алгоритма и его промежуточных этапов будем проводить на изображении, показанном на рисунке 1.

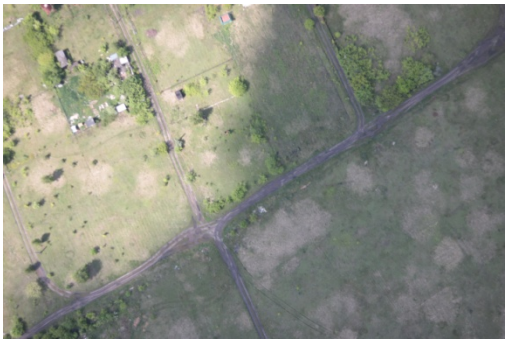


Рис. 1. Исходное изображение для демонстрации работы алгоритма выравнивания яркостей

На данном изображении отчётливо видна теневая область, вызванная кучевой облачностью.

Для построения указанного алгоритма были решены следующие задачи:

1. Определение областей на изображении с различной освещённостью.
2. Усиление яркости в области тени.
3. Выравнивание баланса белого для теневой области цветного изображения.
4. Объединение исходного изображения и изображения с исправленной теневой областью в одну композицию.

Рассмотрим решение каждой задачи.

2. Определение областей на изображении с различной освещённостью

Оценить распределение неоднородности освещения, создаваемое кучевой облачностью, можно на полутоновом изображении. В результате оценки необходимо получить маску, указывающую на области затенённые облаками. Под маской понимается бинарное изображение, имеющее чёрные (0 или false) и белые (1 или true) области. Как правило, белые области представляют зону интереса. В нашем случае белые области будут закрывать освещённую часть изображения, а чёрные – теневую. Это сделано просто ради наглядности работы алгоритма. Корректировать необходимо области изображения в тени, так как они имеют меньший динамический диапазон яркости по сравнению с областями освещёнными Солнцем. Изображения с большим динамическим диапазоном яркости выглядят более

качественно, а увеличения динамического диапазона можно добиться гистограммными методами преобразования [3].

Неоднородность освещения, вызванное кучевой облачностью, имеет малую изменчивость в пределах изображения и может быть описана гармоническими колебаниями яркости с малой частотой: 1-2 периода в пределах изображения. Для получения частотных характеристик преобразуем полутоновое изображение (пространственную область изображения) в ряд Фурье (частотную область изображения) и центрируем его [3]. Таким образом, получим частотную область изображения, где в центре находится нулевая гармоника, а при удалении от центра частота гармоник возрастает.

Для получения маски воспользуемся Гауссовым фильтром низкой частоты с радиусом 2. Данный фильтр пропустит гармоники, формирующие самые общие перепады яркости на изображении, подавив все остальные. Восстановив изображение из его фильтрованной частотной области получим изображение, представленное на рисунке 2.

Рис. 2. Изображение, полученное после фильтрации низкой частоты (полутоновая маска)

Данное изображение содержит крупномасштабные перепады яркости на изображении, связанные с тенями связанными с кучевой облачностью. Это изображение будем называть полутоновой маской, его можно использовать для выравнивания яркости изображения и для того чтобы оценить нужно ли проводить это выравнивание. Ведь изображение может не иметь перепадов яркости связанных с кучевой облачностью. Экспериментально было установлено что, если разброс яркостей изображения на рисунке 2 не превышает 0.2 (яркость

колеблется от 0 до 1), то теней от облачности на изображении нет. Это справедливо для большинства изображений.

Если перепады яркости выше 0.2, то по полутоновой маске получим бинарную маску бинаризацией по методу Оцу [3]. Полученное изображение представлено на рисунке 3.

Рис. 3. Бинарная маска, указывающая на теневые области исходного изображения

Бинарная маска будет использоваться для сегментации изображения на теневую и освещённую части.

3. Усиление яркости в области тени

Используя бинарную маску необходимо выполнить усиление яркости в области тени. Для этого можно воспользоваться методом гистограммной подгонки.

Если наложить бинарную маску на изображение, то можно получить интегральные распределения яркости для освещённой области *P1* и теневой – *P2*. Предполагается, что аэроснимок содержит изображение однородной поверхности, отличающееся только освещённостью. Поэтому, если получить функцию преобразования *P2* к *P1*, то есть, *P1=f(P2)*, то данную функцию можно использовать для приведения яркости в теневой области к желаемой яркости изображения.

Рассмотрим более подробно процесс получения функции *f(P)* в виде таблицы подстановки яркостей [3].

Таблица подстановки яркостей – это таблица с индексами 0-255 (яркость исходного изображения), содержащая значения в интервале 0-255 (яркость полученного изображения). Для полутонового изображения с яркостями в диапазоне 0-255 яркость пиксела можно использовать как

индекс элемента в таблице подстановки. Значение этого элемента используется как яркость соответствующего пиксела в выходном изображении. Таким образом, для коррекции яркости изображения необходимо выполнить преобразование яркости для каждого пиксела изображения в соответствии с таблицей подстановки. Можно сказать, что таблица подстановки содержит табулированные значения функции преобразования яркостей.

Метод получения функции *P1=f(P2)* показан на рисунке 4.

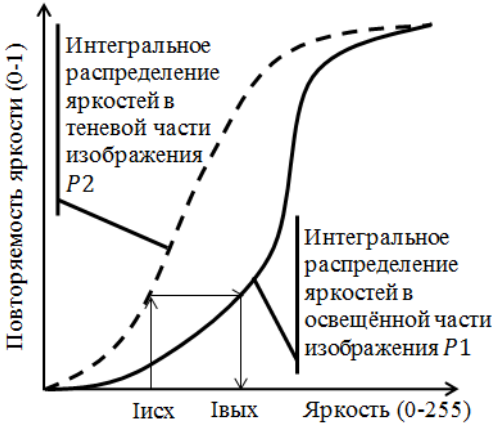


Рис. 4. Иллюстрация метода вычисления таблицы подстановки для подгонки гистограмм яркости

Из рисунка 4 видно, что для того, чтобы получить таблицу подстановки для преобразования яркостей методом подгонки гистограмм необходимо для каждой яркости от 0 до 255 (*Iисх*) найти такую яркость (*Iвых*), что *P(Iисх)=P(Iвых)*. Таким образом, таблица подстановки *TP* будет содержать значения *TP[Iисх]=Iвых*.

4. Выравнивание баланса белого для теневой области цветного изображения

Если изображение является полутоновым, то можно переходить к следующему параграфу. При обработке цветного RGB изображения можно воспользоваться компонентным методом [3], когда каждый канал обрабатывается отдельно как полутоновое изображение, а затем каналы объединяются в цветное изображение. В этом случае происходит выравнивание яркости, но пропадает насыщенность цвета и нарушается

цветовой баланс. То есть, при обработке цветного изображения нужно следить за соблюдением цветового баланса.

Для корректировки яркости цветного изображения вычисляются таблицы подстановки отдельно для каждого канала как для полутонового изображения. Затем вычисляется среднее отличие цвета между освещённой и теневой частью изображения.

Если цвет C определяется как совокупность цветов $C=(R,G,B)^T$, то для освещённой и теневой областей вычисляются средние цвета $C_T=(M(R_T),M(G_T),M(B_T))^T$ и $C_O=(M(R_O),M(G_O),M(B_O))^T$ соответственно. $M(X)$ обозначает среднее значение для величины X, а верхний индекс T – транспонирование. Теневая и освещённая части определяются по бинарной маске на рисунке 3. Разница в цвете будет составлять $C_P=C_O-C_T$. При этом полученный цвет будет содержать не только отличие по цвету, но и по яркости. Для того чтобы получить цветной фильтр, который можно будет применить к теневой области снимка для выравнивания цветового баланса необходимо из полученного цвета вычесть его нейтрально-серую составляющую, которую можно получить по формуле $ns=0.299R_P+0.587G_P+0.114B_P$. Тогда цветной фильтр получим как $C_Ф=C_P-ns$. Далее прибавив $C_Ф$ к каждому пикселу теневой части изображения получим выравнивание цветового баланса между освещённой и теневой частью изображения.

5. Объединение исходного изображения и изображения с исправленной теневой областью в одну композицию

Если принять, что исходное изображение *f1*, то выполнив преобразование *f2=TP[f1]* (преобразование яркостей по таблице подстановки), получим изображение *f2*, в котором теневая часть изображения приведена к яркости освещённых участков на исходном изображении *f1*, а освещённые участки светлее желаемого. Теперь необходимо совместить два изображения так, чтобы взять с каждого изображения лучшие фрагменты.

Напомним, что лучшие фрагменты определяются бинарной маской. Лучший фрагмент на изображении *f1* соответствует белой области маски на рисунке 3, а на изображении *f2* – чёрной области. Но объединив эти области по бинарной маске, получим изображение с чёткой границей по контуру различных областей, на которой будет заметно изменение яркости, хотя и не значительно.

Для того чтобы избавиться от этого эффекта необходимо размыть бинарную маску. Сделаем это в частотной области с помощью уже полученного низкочастотного фильтра Гаусса. Получим размытую маску mr, показанную на рисунке 5.

Рис. 5. Размытая бинарная маска

Выполнив объединение изображений *f1* и *f2* как *fr=(1-mr)·f2+mr·f1*, получим желаемое изображение, показанное на рисунке 6.

Рис. 6. Размытая бинарная маска

Заключение

Визуальная оценка полученного изображения показывает, что область, в которой выполнялась коррекция яркости, немного отличается по тону, что не является критическим отклонением. Для демонстрации работы алгоритма было взято изображение с большой разницей яркости в освещённой и в теневой части. На изображениях с меньшей разницей яркости результаты более удачные. Также нужно отметить, что алгоритм является атематическим и не требует от оператора подбора параметров или контроля.

Список литературы

1. D. Lowe, «Object recognition from local scale-in variant features» в International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, 1999.

2. D. Lowe, «Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints» International Journal of Computer Vision, 2004.

3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений [Книга]. Издание 3-е, исправленное и дополненное. Москва: Техносфера, 2012. – 1104 с.

Моделирование ТЕМ- рупоров круглого сечения с различными вариантами ускоряющей диэлектрической линзы

Д.С. Погребной, email: denis2371@gmail.com
А.С. Самодуоров, email: unaxel2000@mail.ru
Я.В. Скугорова, email: y.skugorova@vrn.rwtk.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Исследовано влияние линзы Френеля на входные параметры рупорной антенны при различных вариантах ее монтажа. Установлено, что использование линзы Френеля на раскрыве рупорной антенны в большинстве случаев приводит к улучшению ряда параметров. В ходе численного эксперимента было выяснено, что направление установки линзы очень важно, это наглядно отображено на графиках исследования.*

Ключевые слова: *ТЕМ- рупор, диэлектрическая линза, линза Френеля, рупорная антенна.*

Введение

Современный мир очень сложно представить без мобильных телефонов, микроволновок, линий электропередачи, компьютеров и других устройств, излучающих электромагнитное поле. И чем больше таких устройств появляется, тем сильнее возрастает потребность в задачах измерения и анализа электромагнитных полей, создаваемых этими устройствами. Обычно для анализа электромагнитных полей используются рупорные антенны [1, 2]. Они способны работать в широком диапазоне частот, т.е. являются широкополосными. Это и ряд других важных свойств (например, относительная простота конструкции) делают рупорную антенну незаменимой для различных измерений характеристик электромагнитного поля, а также в технике антенных измерений. Для улучшения параметров рупорной антенны практикуется установка фазовыравнивающего элемента на её раскрыве. В этом исследовании в качестве такого элемента будет использована линза Френеля, рассчитанная для электромагнитных волн радиодиапазона [3]. Задачей является создание рупорной антенны с линзой Френеля на выходе волновода. В работе приведены результаты расчёта использования линзы Френеля в рупорных антеннах, предназначенных для приёма электромагнитных волн СВЧ диапазона.

© Погребной Д.С., Самодуров А.С., Скугорова Я.В., 2020

Подобные конструкции ТЕМ-рупоров отличает постоянство значения волнового сопротивления вдоль их продольной оси (совпадающей с направлением излучения максимальной интенсивности). Использование линзы Френеля в них предполагает преобразование фронта волны в плоский вид. Цель статьи заключается в том, чтобы определиться, какую ориентацию линзы на раскрыве лучше использовать для рупорной антенны в качестве фазовыравнивающего элемента.

1. Методика

Уравнение поверхности каждой m-й зоны можно записать в виде формул 1 и 2 с той лишь разницей, что фокусное расстояние f_m для каждой m-й зоны выбирается своё [4].

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \tag{1}$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \tag{2}$$

где f – фокусное расстояние, m – номер зоны, λ – начальная длина волны, n – показатель коэффициента преломления.

Причём знак “+” берётся при $n<1$, а знак “-” при $n>1$. Стоит отметить, что зонирование приводит не только к положительному эффекту уменьшения толщины линзы d_1, но и к ряду отрицательных эффектов.

Во-первых, в зонированных линзах появляются или необлучаемые участки, в которых волна скользит вдоль ступеньки, или расфазированные участки в угловом секторе. Это приводит к некоторому уменьшению коэффициента направленного действия (КНД) линзовых антенн и к возрастанию уровня боковых лепестков.

Во-вторых, глубина ступеньки зависит от длины волны. К счастью, вышеописанные недостатки ввиду своего небольшого влияния слабо скажутся на качестве антенны. А вот вес и толщину линзы благодаря зонированию удастся уменьшить значительно [5].

Синтез линзы выполнен в TracePro. Расчёты электромагнитного поля проведены в САПР CST (Computer Simulation Technology) STUDIO SUITE 2018 методом квантования по времени [4], т.е. с помощью решателя Time domain solver. Программа выполняет расчёты электромагнитных полей, непосредственно решая уравнения Максвелла численным методом.

2. Результаты и их обсуждение

Здесь и далее будут использоваться следующие обозначения:

1. сплошная линия используется для обозначения рупора без линзы;
2. пунктирная линия используется для обозначения рупора с перевёрнутой линзой;
3. штриховая линия используется для обозначения рупора с линзой.

В ходе моделирования рупора с различно ориентированными выравнивающими линзами, установленными на раскрыве, были получены графики активного сопротивления, изображённые на рис. 1.

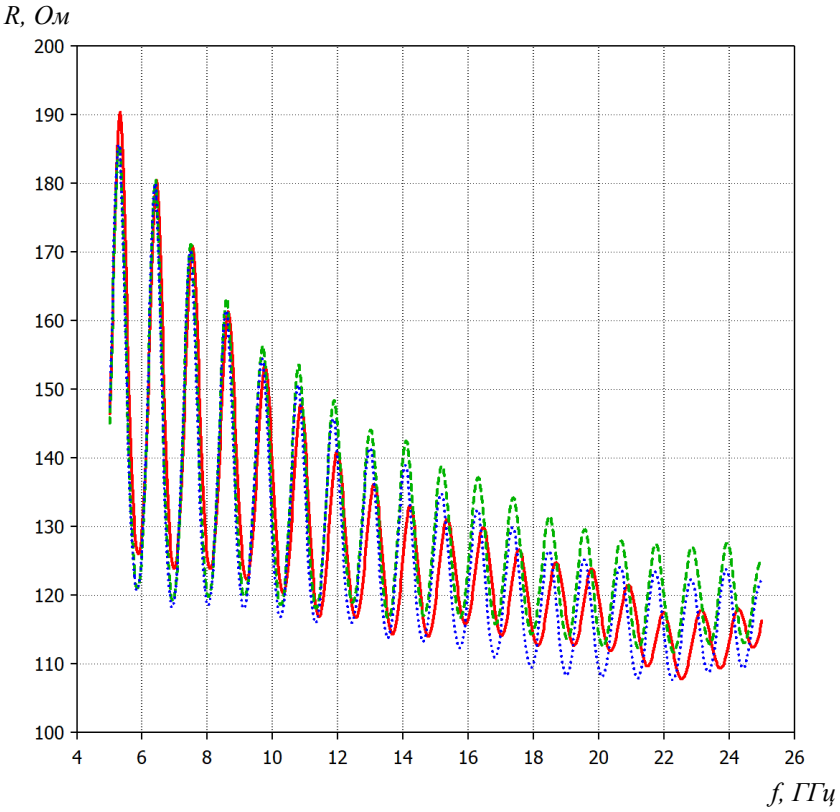


Рис. 1. Зависимости активного сопротивления от частоты

Рассмотрим график зависимости реактивного сопротивления от частоты, изображённый на рис. 2.

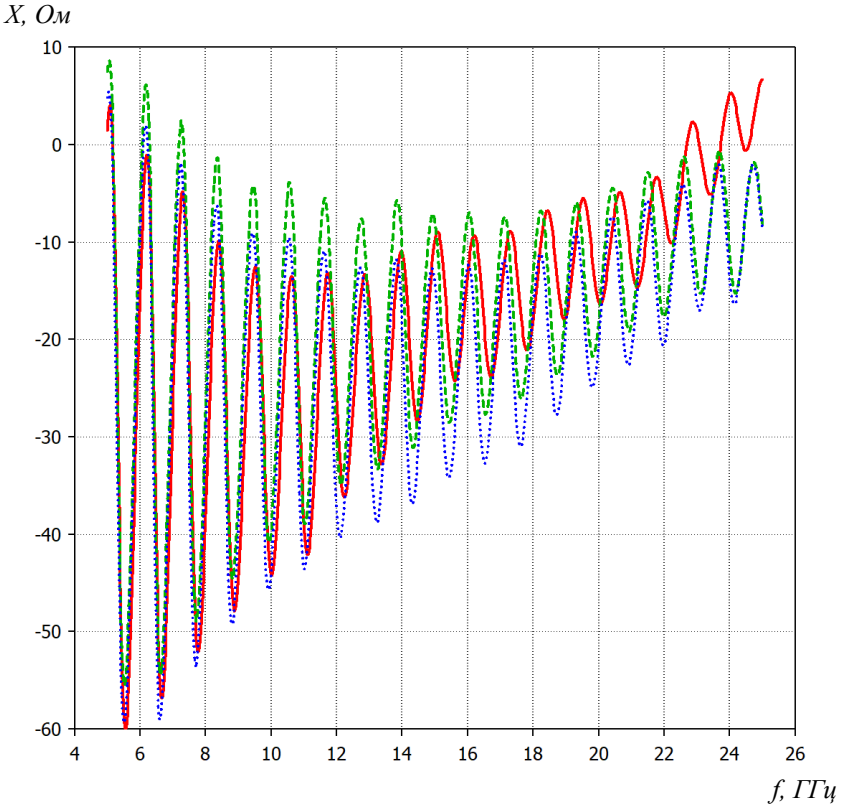


Рис. 2. Зависимости реактивного сопротивления от частоты

На графике, изображённом на рис. 2, интересна реактивная часть сопротивления для рупора без линзы тем, что на высоких и низких частотах имеется хоть и небольшое, но индуктивное сопротивление, однако такой разброс не будет критично влиять на измеренные параметры при реальном использовании. На рис. 3 приведен график зависимости коэффициента стоячей волны по напряжению от частоты.

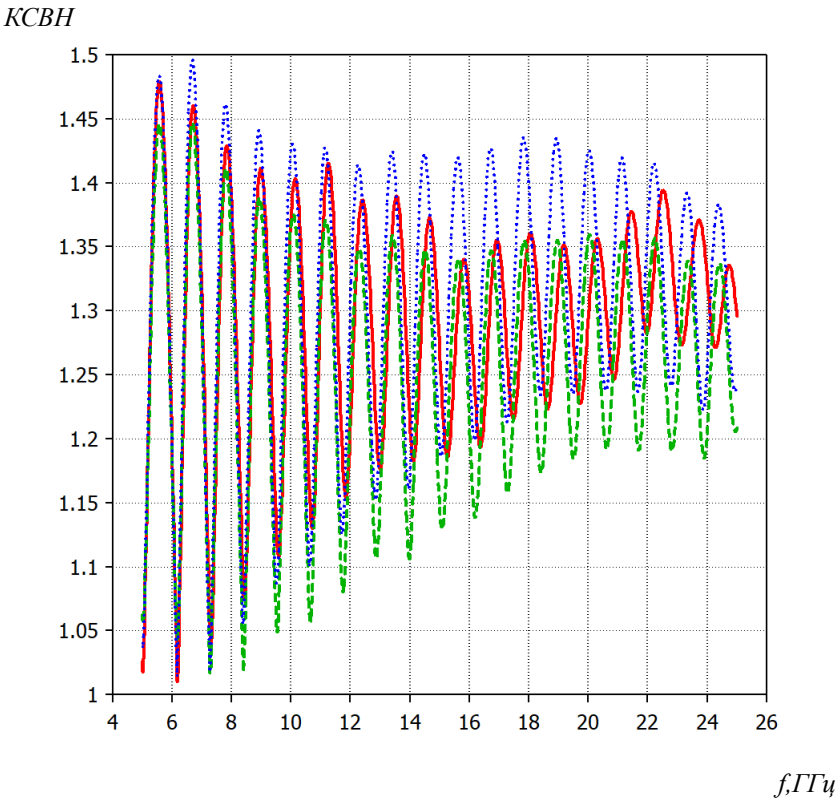


Рис. 3. Зависимости КСВН от частоты

По графику на рис. 3 видно, что КСВН по всему диапазону частот примерно одинаковый, но при использовании перевёрнутой линзы заметно небольшое повышение в диапазоне от 14 до 21 ГГц, которое, хоть и может отрицательно сказаться на качестве согласования, но в глобальном плане не способно ухудшить свойства антенны проектируемого типа. А правильно повёрнутая линза наоборот приближает КСВН к единице, тем самым обеспечивая более качественный приём и/или передачу сигнала. Сравнение зависимостей коэффициента усиления от частоты наглядно отображено на рис. 4.

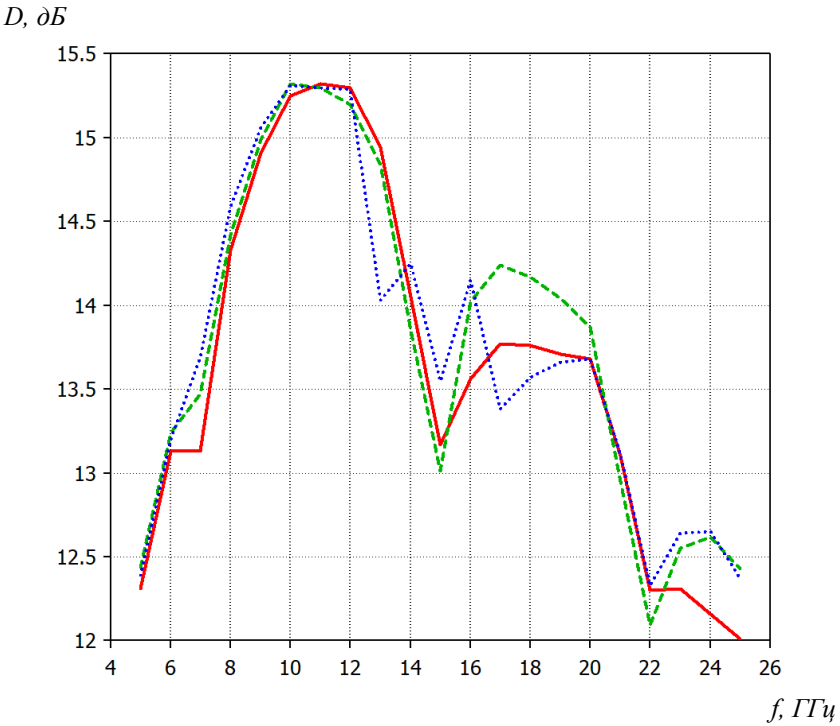


Рис. 4. Зависимости коэффициента усиления от частоты

На графике в диапазоне 5-6 ГГц, 8-12 ГГц и 20-22 ГГц все варианты антенны выдают примерно одинаковые значения усиления, а значит, в этом диапазоне как-либо усиливать сигнал линза Френеля не будет. На частоте 7 ГГц наблюдается явное усиление сигнала в рупорах с линзой и перевёрнутой линзой. На частоте 13 ГГц рупор с перевёрнутой линзой явно проигрывает своим конкурентам по качеству усиления, однако отыгрывается в диапазоне 14-16 ГГц, а затем опять проваливается на частоте 17-18 ГГц и усиливает с 23 до 25 ГГц. Рупор с линзой стабильно усиливает сигнал в диапазонах от 16 до 20 ГГц и от 23 до 25 ГГц. К тому же рупор с линзой во всём диапазоне частот (кроме 15 ГГц) практически не уступает (разве что в пределах погрешности) рупору с перевёрнутой линзой и рупору без линзы по качеству усиления сигнала. На основании графиков, изображённых на рис. 3 и 4, видно, что рупор с линзой является лучшим выбором для проектируемой рупорной антенны.

Заключение

Использование рупора с линзой Френеля ощутимо улучшает характеристики антенны. Малая толщина линзы, являющая следствием применения зонирования, приводит к незначительным потерям энергии в диэлектрике, и коэффициент стоячей волны по напряжению меньше 2 позволяет использовать рупорную антенну в качестве передающего устройства или в качестве излучателя антенной решетки [5]. Как линза, так и перевёрнутая линза не сильно влияют на диаграмму направленности рупорной антенны. И всё же незначительные отличия есть, но они приводят лишь к небольшому эффекту рассеивания, который при реальном использовании вряд ли будет заметен. Однако для правильного понимания необходимо учитывать, что эффект рассеивания присутствует. Опираясь на вышеописанное исследование, в качестве фазовыравнивающего элемента оптимальным будет использовать линзу Френеля, направленную зубцами к источнику сигнала. Таким образом, использование перевёрнутой линзы Френеля на первый взгляд имеет мало практического смысла.

Список литературы

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ : учебник для вузов / Д.М. Сазонов. – М.: Высш. школа, 1988. – 432 с.

2. Устройства СВЧ и антенны : учебник для вузов / Д.И. Воскресенский [и др.]; отв. ред. Д.И. Воскресенский – изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Радиотехника, 2006. – 376 с.

3. Исследование возможностей применения оптических элементов в антенной технике / А.В. Муратов [и др.] // Радиотехника. – 2016. – № 5. – С. 76-79.

4. Возможность применения пирамидального ТЕМ- рупора с круглой диэлектрической линзой / С.А. Антипов [и др.] // Радиотехника. – 2014. – № 3. – С. 7-10.

5. Коротков Л.Н. Исследование влияния линзы Френеля на параметры ТЕМ- рупора / Л.Н. Коротков, А.С. Самодуров, Д.С. Погребной // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2018. – Т. 14. – № 6. – С. 123-128.

Метод оценивания эффективности работы программистов на основе теории нечеткой логики.

В.В. Попов, email: copybook05@yandex.ru [1]
И.В. Попова, email: copybook05@yandex.ru [2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматриваются методические подходы к применению аппарата нечеткой логики для повышения качества оценивания эффективности работы программистов. Предложены новые подходы к решению задачи оценивания на основе статичной и динамической составляющих коэффициента значимости с применением метода аддитивной свертки ряда критериев.*

Ключевые слова: *Критерии нечеткого оценивания, классификация программистов по уровню эффективности, коэффициенты значимости.*

Введение

Результативность и интуитивная простота теории нечеткой логики как методологии разрешения ряда научно-технических проблем и задач гарантирует ее успешное использование во встроенных системах контроля и анализа информации, функционирование которых, в частности, обеспечивает повышение эффективности обеспечения различных потребителей в сфере IT-технологий. При этом происходит подключение человеческой интуиции и опыта эксперта [1-3, 5].

1. Алгоритм определения эффективности работы программистов

Определение эффективности работы каждого программиста предлагается проводить на основе теории нечеткой логики методом аддитивной свертки ряда критериев.

Алгоритм определения эффективности работы программистов состоит из следующих этапов.

1. Назначение группы экспертов для каждой категории программистов.

2. Определение критериев нечеткого оценивания и их относительной важности. Преобразование объективной и субъективной информации в значения функций принадлежности R лингвистических переменных и

© Попов В. В., Попова И. В., 2020

определение набора элементов оцениваемого множества (этап фаззификации).

3. Сопоставление значений функций принадлежности входных переменных для получения оценки эффективности работы каждого программиста.

4. Преобразование значений функций принадлежности оцененных программистов в численное значение (этап дефаззификации) для составления ранговой последовательности.

Данный алгоритм был взят за основу при присвоении программистам коэффициента значимости для оценки эффективности их работы.

В методе аддитивной свертки для n критериев аддитивная (взвешенная) оценка i-го программиста определяется по формуле [1, 4]:

$$R_i = \sum_{j=1}^{n} k_j R_{ij} \Big/ \sum_{j=1}^{n} k_j , \qquad (1)$$

где k_j – значение относительной важности критерия, $j = \overline{1, n}$ – число критериев, R_i – многокритериальная аддитивная оценка, $i = \overline{1, m}$ – число программистов в определенной категории, R_{ij} – значение j критерия. Или, если оценки важности критериев нормированы, вычисляется с использованием выражения:

$$R_i = \sum_{j=1}^{n} k_j R_{ij}. \qquad (2)$$

Таким образом, для вычисления выражения (2) необходимо соответственно перемножить, а затем сложить левую и правую границы и вершину нечетких чисел R_{ij} и коэффициентов k_j:

$$R_i^{'} = \sum_{j=1}^{m} k_j \, R_{ij}^{'}, \; R_i^{''} = \sum_{j=1}^{m} k_j \, R_{ij}^{''}, \; R_i^{*} = \sum_{j=1}^{m} k_j \, R_{ij}^{*} \qquad (3)$$

В итоге определяется нечеткое число соответствующее треугольной функции принадлежности с левой $R_i^{'}$, правой $R_i^{''}$ границами и вершиной R_i^{*}.

2. Метод определения коэффициента значимости программистов на основе теории нечеткой логики

Разработка метода определения эффективности работы (коэффициента значимости) программистов осуществляется в несколько этапов.

1. Выбор классификации программистов по категориям и их

распределение.

В работе предлагается применяемая в большинстве фирм классификация состоящая из четырех классов (категорий) – L (Leader), S (Senor), MD (Middle), JN (Junior).

Статичная составляющая эффективности работы для каждой категории представлена в таблице 1.

Таблица 1

Статичный коэффициент эффективности

Категория	Статичный коэффициент эффективности, *KS*
L (Leader)	0,65
S (Senor)	0,85
MD (Middel)	1,0
JN (Junior)	1,5

Программисты отнесенные к определенной категории характеризуются множеством *P*:

$$P = \{P_1, P_2,.., P_i,.., P_m\}, \quad \forall\ i = \overline{1, m}. \tag{4}$$

Согласно предложенной классификации составляется четыре таких множества согласно таблице 1.

Данный подход выбран из соображений назначения на следующих этапах группы экспертов для проведения лингвистического оценивания. Целесообразно назначать не одну группу экспертов для всех категорий программистов, а для каждой категории свою, члены которой будут определяться в соответствии с должностной иерархией фирмы.

2. Определение субъективных лингвистических терминов для характеристики каждого программиста по предложенным критериям.

Предлагается динамическую (вариабельную) составляющую коэффициента значимости рассматривать как нечеткое множество, представленное выражением:

$$R_{ij} = \{\mu_{Rj}(P_1)/P_1, \mu_{Rj}(P_2)/P_2,.., \mu_{Rj}(P_i)/P_i,.., \mu_{Rj}(P_m)/P_m\}, \tag{5}$$

где $\mu_{Rj}(P_i) \in [0,1]$ – функция принадлежности треугольного вида, т.е. нечеткая оценка программистов P_i по значениям показателя R_{ij}, характеризующая степень соответствия понятию, определяемому показателем R_{ij}.

В качестве характеристики для субъективной (нечеткой)

экспертной оценки каждого программиста используется лингвистическая переменная следующего вида R_{ij}={полностью соответствует, в большей мере соответствует, частично соответствует, частично не соответствует, значительно не соответствует, полностью не соответствует}. Функции принадлежности каждого значения лингвистической переменной представляются как нечеткие числа [1].

Эксперты назначают для показателя термин «полностью соответствует» при условии, что, по их мнению, программист по оцениваемому критерию на протяжении достаточного периода времени характеризуется наилучшим образом. Чем больше его характеристики отличаются от идеальных, тем более низкое значение лингвистической переменной выставляют эксперты критерию, отвечающему за данное направление оценивания.

На базе реализаций представленных этапов строятся четыре матрицы лингвистических переменных, состоящих из i строк и j столбцов.

Далее определяются значения относительной важности каждого из j критериев, задаваемого коэффициентом k_j.

Величина вклада каждого критерия осуществляется на основе экспертного оценивания. Значения относительной важности, полученные в ходе экспертного оценивания, представлены в таблице 2.

В таблице 2 представлены уже пронормированные значения по условию

$$\sum_{j=1}^{n} k_j = 1 .$$

При таких условиях для аддитивной оценки программистов будет использоваться выражение (2).

Таблица 2

Значения относительной важности критериев

№ п/п	Наименование критерия	Значение коэффициента k_j
1	Профессиональный уровень и опыт программирования	0,4
2	Корпоративная дисциплина	0,2
3	Уровень самоотдачи и инициативности	0,15
4	Мотивированность	0,15
5	Коммуникабельность	0,1

3. Проведение оценки эффективности работы программистов на основе матриц лингвистических переменных.

Определение нечетких чисел R_{ij} с функциями принадлежности треугольного вида осуществляется по выражению (2), для которых границы и вершина числа вычисляются по (3).

Первая реализация осуществляется для «идеального программиста», для которой эксперты выбирают наиболее благоприятные значения лингвистической переменной R_{1j}, хотя и в данном случае могут быть незначительные субъективные расхождения. Последующие реализации проводятся для оценивания программистов в соответствии с заполненными матрицами лингвистических переменных. Таким образом, в процессе оценивания происходит получение ряда нечетких чисел, функции принадлежности которых характеризуют значимость программистов по *j* критериям.

4. Проведение оценки значимости программистов на основе полученных взвешенных оценок R_i. Степень отличия от «идеального программиста»характеризуется множеством *I*(*i*), и интерпретируется как характеристика степени того, насколько эффективность ближе к идеалу *I*(*i*) вычисляется по формуле:

$$I(i) = \sup_{P_1,..,a_i,..,a_n : a_j \geq a_i} \min_{i=\overline{1,m}} \mu_{R_i}(P_i). \qquad (6)$$

Для функций принадлежности треугольного вида значения *I*(*i*) могут быть получены не только по формуле (6), но и графически.

3. Реализация метода определения коэффициента значимости программистов

Применение разработанного метода заключалось в следующем.

На первом этапе по применяемой в IT–фирме классификации распределено 10 программистов в соответствии с выражением (4), как показано в таблице 3.

Таблица 3

Распределение программистов по категориям

№	Категория	Порядковый номер
1	L(Leader)	PL1, PL2
2	S (Senor)	PS1, PS2
3	MD (Middel)	PMD1, PMD2, PMD3
4	JN(Junior)	PJN1, PJN2, PJN3

В качестве экспертов для 1 и 2 категорий назначаются проект-менеджеры, для 3-4 категорий лидеры и сеньоры.

На втором этапе экспертами в качестве оценочных критериев были определены:

R_1 – профессиональный уровень и опыт программирования;

R_2 – корпоративная дисциплина;

R_3 – уровень самоотдачи и инициативности;

R_4 – мотивированность;

R_5 – коммуникабельность.

В ходе оценивания экспертам необходимо дать оценку программистам в каждой из четырех категорий по пяти критериям.

Для оценивания коэффициента значимости программистов экспертами использована лингвистическая переменная вида R_{ij}. Функции принадлежности каждого значения переменной представлены треугольными числами [1].

В ходе оценивания экспертами получены четыре оценочные таблицы (матрицы).

На третьем этапе, согласно функциям принадлежности значений лингвистической переменной, определяются их численные значения в соответствии с полученными экспертами оценочными таблицами (матрицами). Взвешенная оценка каждого программиста определяется в соответствии с формулой (3) по принципу обобщения.

Как было указано выше, для функций принадлежности треугольного вида значения *I(i)* могут быть получены не только по формуле (6), но и графически. Основываясь на построенных функциях принадлежности на четвертом этапе проводится оценка динамического коэффициента эффективности программистов. Такие оценки проводятся для каждой категории. Для примера функции принадлежности для категории Junior представлены на рисунке 1.

Анализ рисунка 1 показывает, что первый программист имеет коэффициент *I(i)* относительно «идеального программиста» 0,81, второй программист имеет коэффициент 0,71, а третий – 0,65.

В целях соответствия динамической составляющей общему уровню эффективности программистов необходимо провести преобразование

$$KD_i = I_i + \left(1 - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} I_i\right). \qquad (7)$$

При таком условии более эффективные программисты будут иметь динамический коэффициент KD_i ниже 1, а менее эффективные больше 1.

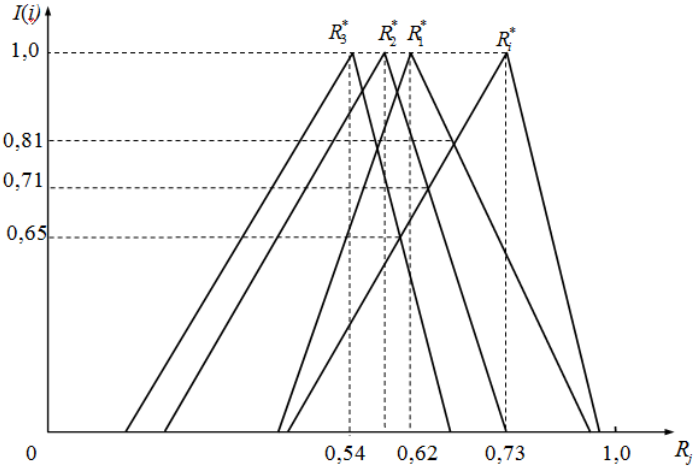


Рис. 1. Функции принадлежности взвешенных оценок программистов в категории Junior

В работе предложено коэффициент эффективности программистов определять по мультипликативному выражению, которое включает статичную и динамическую составляющие и имеет вид

$$K_i = KS_i \times KD_i. \quad (8)$$

В итоге для каждой категории программистов определены коэффициенты значимости, которые представлены в таблице 8.

Таблица 4

Коэффициенты значимости программистов

Категории	Программисты	Коэффициент эффективности, K_i
L (Leader)	PL1	0,67
	PL2	0,62
S (Senor)	PS1	0,88
	PS2	0,82
MD (Middel)	PMD1	1,00
	PMD2	1,05
	PMD3	0,94
JN (Junior)	PJN1	1,63
	PJN2	1,48
	PJN3	1,39

Данные коэффициенты значимости программистов использованы при разработке программного продукта планирования и анализа работы сотрудников.

Заключение

На основе анализа современных подходов к учету специфики неопределенности в процессах протекающих в сфере IT-технологий, а также существующих методик их описания сделаны следующие выводы.

1. Построение метода определения динамического коэффициента значимости программистов допускает применение экспертного оценивания, использующего в качестве входной субъективную информацию. Отличительной особенностью данного метода является наличие возможности оценки эффективности сотрудников относительно «идеального программиста».

2. Для более эффективной оценки деловых качеств сотрудников значение коэффициента их значимости рекомендуется определять на основе статичной и динамической составляющих.

Из вышеизложенного следует, что применение метода нечетких экспертных оценок может повысить качество определения значимости сотрудников (программистов).

Список литературы

1. Борисов, А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования /А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров.– Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.

2. Круглов, В.В. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода / В.В. Круглов, М.И. Дли. – М.: Физматлит, 2002.

3. Матвеев, М.Г Обработка экспертной информации в задачах принятия решений в условиях нечеткой неопределенности / М.Г Матвеев, Е.В. Гринева // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. т.8. №8, – С.11-14.

4. Ротштейн, А.П. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба // Известия РАН. Теория и системы управления. № 3, 2001. – С.150-154.

5. Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: учебное пособие / Н.Г. Ярушкина. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.

Применение аппарата динамического программирования для оптимального распределения проектов в IT-компаниях

И. В. Попова, email: copybook05@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматриваются методические подходы к применению аппарата динамического программирования для оптимального распределения проектов в IT-компаниях. Отличительная особенность данного подхода заключается в распределении сотрудников с учетом приоритета заданий.*

Ключевые слова: *IT-компании, динамическое программирование, распределение проектов, бюджет проектов.*

Введение

Одной из важных проблем для многих растущих IT-компаний является учет проектов. По мере увеличения количества сотрудников, увеличивается и количество проектов, а денежные потоки становится трудно контролировать. Грамотное распределение проектов, ведение ежедневного учета работы сотрудников, учет ежемесячных затрат, становится тяжело осуществлять без специальных программ. Еще более остро встает вопрос о прогнозируемых проектах, а значит о прогнозируемой прибыли и затратах. Здесь особенно важно использовать приложения стратегического планирования. Такие приложения должны обладать функционалом, позволяющим заносить прогнозируемые проекты (учитывая ресурсы, требуемые на выполнение заданий), вычислять рентабельность проекта и прибыль. Другой важной функцией является вычисление в реальном времени стоимости отработанных часов, оставшийся бюджет на проект и предупреждение о приближении к окончанию бюджета.

1. Применение метода динамического программирования для распределения сотрудников

Анализ современных исследований [1-3] показал, что использование только диаграммы Ганта, как основного приложения при планировании, не позволяет достигать высокой эффективности при распределении проектов. Во многих современных IT-компаниях, имеющих и поддерживающих собственные продукты, очень важным моментом является обратная связь от клиента, которая требует более

© Попова И. В., 2020

детального и длительного периода работы над рядом проектов одновременно. Таким образом, IT-компании часто получают список заданий для улучшений уже реализованных проектов. Под проектом в данной ситуации понимаем набор независимых заданий от одного клиента. Проблема их реализации заключается в определении последовательности (очередности) их выполнения. Необходимо учитывать, что не всегда есть возможность реализовать сразу все изменения в проекте. Во-первых, не всегда достаточно свободных сотрудников, а во-вторых, бюджет на улучшение проектов может быть ограничен. Для решения данной ситуации в работе предложено использовать метод динамического программирования.

Алгоритм динамического программирования для распределения проектов, основанный на принципе оптимальности Беллмана, описывается следующим образом. Предполагается, что все числовые параметры задачи – целые положительные числа.

Имеется n заданий, каждое из которых характеризуется количеством сотрудников (рисунок 1)

$$P = \{P_1, P_2, .., P_i, .., P_n\}, \forall\ i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

и количеством часов на выполнение задания

$$W = \{w_1, w_2, .., w_i, .., w_n\}, \forall\ i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Каждое задание имеет свой приоритет

$$V = \{v_1, v_2, .., v_i, .., v_n\}, \forall\ i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

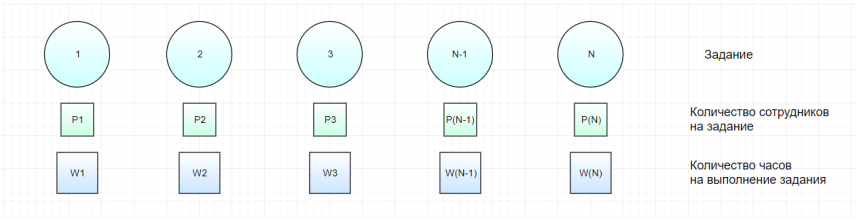


Рис. 1. Схема N заданий

Бюджет проекта, пересчитанный на количество часов, отведенных на весь проект обозначается C> 0. Целью распределения является выбор заданий таким образом, чтобы задействовать максимальное количество сотрудников.

При этом суммарное время выполнения выбранных заданий не должно превышать выделенное клиентом время (или бюджет проекта).

Предполагается, что

$$\sum_{i=1}^{n} w_i > \mathrm{C} \text{ и } w_i \le \mathrm{C} \tag{4}$$

Для описания задачи на языке целочисленного линейного программирования вводятся следующие булевы переменные $x_i \in \{0, 1\}$, $\forall\, i = \overline{1, n}$.

Если x_i=1 то задача выполняется, в противном случае x_i=0. Таким образом распределение проектов определяется решением функции оптимизации булева линейного программирования (5) с ограничениями (6):

$$f(x) = \sum_{i=1}^{n} P_i x_i + \sum_{i=1}^{n} v_i x_i \to \max \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i \le \mathrm{C} \tag{6}$$

Под множеством G для этой задачи будем понимать множество векторов $X = \{x_1, x_2, .., x_i, .., x_n\}$, $\forall\, i = \overline{1, n}$, удовлетворяющих условию (5).

Алгоритм состоит из n шагов. На каждом шаге принимается решение о том, выполнять или не выполнять одно из заданий (т.е. x_i=1 или x_i=0). Это решение принимающееся для каждого частного бюджета времени на j-м шаге распределения проектов, характеризуется суммарным доступным количеством часов $\sum_{1}^{\kappa} w_i x_i$. То есть, если на последующих шагах будут выполнены задания по времени равные $\sum_{i=j+1}^{n} w_i x_i$, то для заданий $i=j+1,..., n$ остается

$$t = C - \sum_{i=j+1}^{n} w_i x_i \tag{7}$$

часов свободного времени. Данное решение строится с учетом всех возможных будущих состояний системы. На каждом шаге i строятся функции выигрыша

$$g_i(t) = \max_{x_i \in \{0,1\}} (p_i v_i x_i + g_{i-1}(t - w_i x_i)),\ t \ge w_i x_i \tag{8}$$

$$g_i(t) = \max_{x_i \in \{0,1\}} (p_i x_i + g_{i-1}(t - w_i x_i)),\ t \ge w_i x_i \tag{9}$$

определенные в каждой целочисленной точке $0 \le t \le C$. Если, $t<w_i$ то $x_i=0$. Выражение (8) учитывает приоритет заданий. Для каждой точки фиксируется соответствующее значение $x_i=\text{argmax}g_i(t)$. При $i=n$ в точке $t=C$ достигается получение набора оптимальных решений на каждом шаге.

При решении данной задачи с использованием программного продукта входными переменными являются: количество свободных сотрудников, количество часов на выполнение каждого задания, приоритет заданий. Программный продукт позволяет вычислить количество свободных часов на проект (необходимо для расчета бюджета в реальном времени – один из критериев приложения). По полученным данным выбираются m из n заданий, которые могут быть выполнены. Далее на основе построенной функции выигрыша находится то задание, которое будет выполнятся. По окончании выполнения оптимального задания алгоритм повторяется – выполнятся следующий этап.

2. Обсуждение результатов

Для примера рассмотрим 10 заданий, каждому их которых соответствует определенное количество сотрудников и общее количество часов на выполнение задания (рисунок 2).

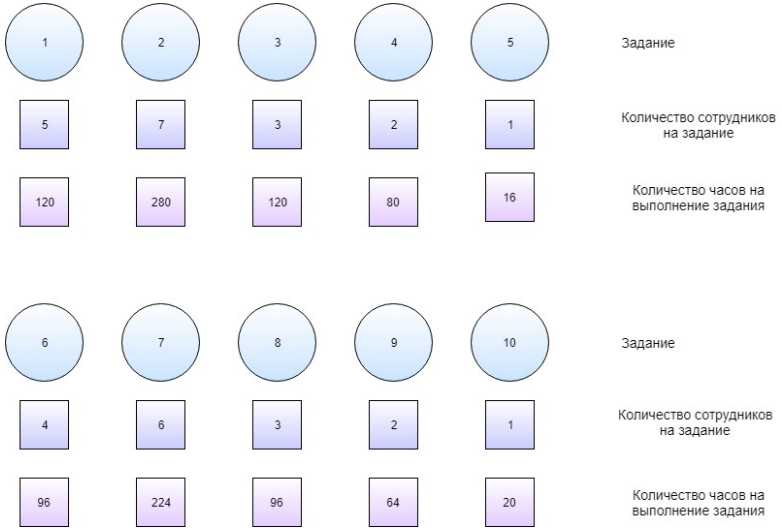


Рис. 2. Схема 10 заданий (пример)

Для решения поставленной задачи с помощью метода динамического программирования заполняется таблица в соответствии с алгоритмом решения (рисунок 3). Последовательность заданий записывается по горизонтали, количество сотрудников участвующих в проекте – по вертикали. В последней ячейке A[10,10] определяется максимальный бюджет на проект – 400 часов. Выделяются оптимальные задания – это задания №2 и №3. Эти задания на первом этапе записываются в план. Далее повторяются действия, выбираются следующие задания, постепенно строится целостный план порядка выполнения заданий.

	2	7	1	6	3	8	4	9	10	5
1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20
2	0	0	0	0	0	0	0	0	20	36
3	0	0	0	0	0	0	80	80	80	80
4	0	0	0	0	120	120	120	120	120	120
5	0	0	0	96	120	120	120	144	144	144
6	0	224	120	120	120	120	200	200	200	200
7	280	280	280	280	280	280	200	200	220	220
8	280	280	280	280	280	280	200	264	264	264
9	280	280	280	280	280	280	360	360	360	360
10	280	280	280	280	400	400	400	400	400	400

Рис. 3. Таблица распределения заданий

После того, как программа выбирает задания, менеджеру проекта необходимо распределить сотрудников на эти задания (т.е. указать, какой именно сотрудник какое задание будет выполнять). После этого по формуле вычисляется оставшийся бюджет на проект.

Основные достоинства данного решения заключаются в том, что распределение сотрудников проходит с учетом приоритета заданий и количеством сотрудников на задание. По окончании каждого этапа распределения заданий бюджет перерасчитывается, таким образом, компания никогда не превысит бюджет.

Заключение

На основе анализа современных подходов к учету специфики неопределенности в процессах протекающих в сфере IT-технологий, а также существующих методов их описания сделаны следующие выводы.

Внутренние процессы в организации представляют собой сложную систему, характеризующуюся множеством взаимосвязанных и взаимовлияющих друг на друга свойств.

Применение существующих методов оценки эффективности сотрудников работающих в сфере IT-технологий не всегда приводит к удовлетворительным результатам. Обусловлено это наличием специфических свойств неопределенности и невозможностью учесть все взаимосвязи в некоторой формальной математической модели.

В используемых программных продуктах информация актуализируется не достаточно оперативно, а сами системы не взаимоинтегрированы. Из-за отсутствия интеграции достаточно сложно определить, величину бюджета времени оставшегося на проект. Отсутствует протокол изменения документа, а сотрудники не вовремя оповещаются об этих изменениях.

Исходя из вышеизложенного в работе решена задача разработки программного продукта планирования и анализа работы сотрудников на основе метода динамического программирования с учетом приоритета заданий.

Индивидуальная оценка каждого программиста и учет приоритета заданий повышает контроль над работой, результатами выполненной работы и повышает эффективность работы компании в целом. Данный подход позволит увидеть, насколько результативно и быстро справляется с заданиями тот или иной сотрудник, а что более важно, насколько он отдается работе, какие у него достижения, какова его мотивация.

Список литературы

1. Палкин Н.Б. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: учебное пособие, 2-е издание, исправленное / Н.Б. Палкин, В.И. Орешников – СПб.: Питер, 2013. – 704 с.

2. Барсегян А.А. Анализ данных и процессов: учебное пособие / [и др.] – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

3. Бабуров Ю.В. Перевод матрицы компетентности / Ю.В. Бабуров: [сайт]. – URL: http://omega-it.blogspot.com/2008/07/i.html (дата обращения 03.06.2019).

Особенности проектирования информационно-аналитической системы поддержки управления пожарной безопасностью в образовательных комплексах

О. М. Прошина, e-mail: olga.proshina.93@mail.ru,
А. А. Рыженко, e-mail: litloc@rambler.ru

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

Аннотация. *Рассматриваются особенности проектирования системы поддержки управления пожарной безопасностью территориально удаленных объектов образовательных комплексов с единым центром управления. Разработаны модели описания исходных данных управляемых процессов при принятии решений относительно сценариев взаимодействия используемых ресурсов.*

Ключевые слова: *проектирование, образовательные комплексы, пожарная безопасность, системы поддержки управления, модели.*

Введение

В связи с рационализацией экономических моделей тактического уровня, напрямую связанной с укрупнением объектов управления до территориально-разбросанных комплексов крупных городов, одним из направлений моделирования системы комплексной безопасности образовательной среды в целом является пожарная безопасность. Под образовательным комплексом (ОК) в данном контексте понимаются территориально-распределенные организации образовательного типа, включающие удаленные здания с различным функциональным назначением. При таком сценарии, лица, принимающие решения, вынуждены согласовывать собственные решения с действиями ответственных администраторов объектов с использованием всех доступных средств и методов как в повседневном, так и в оперативном режиме. В результате, разработана модель, позволяющая учитывать следующие факторы: причины и следствия возникновения пожаров, основные воздействующие факторы, модели сценариев развития и т. д.

1. Анализ элементов моделирования

С целью разработки модуля анализа системы поддержки управления на первом этапе исследований проанализированы сценарии развития пожаров и ЧС. Выявлено, что на каждом этапе управления

© Прошина О. М., Рыженко А. А., 2020

действия ответственного персонала могут отличаться от аналогичных действий при альтернативных факторах развития. Предполагается, что исследуемые управляемые системы обеспечения пожарной безопасности (ПБ) будут выполнять функции, в зависимости от сценариев. Например, в случае задымления в помещении система отработает по классическому сценарию «ВНИМАНИЕ» и «ПОЖАР», что отражено в разрабатываемом модуле в виде отдельных упрошенных правил разветвляющегося дерева сценариев. Другой сценарий, например, возгорание на одном из этажей комплекса, произведет запуск системы оповещения и эвакуации людей, что также должно быть отражено в альтернативной ветви дерева сценариев [1].

Исследования первого этапа позволили сформировать схему модулей разрабатываемой информационно-аналитической системы, структурно позволяющую использовать модули как независимые структуры, собираемые при принятии решений (рис. 1).

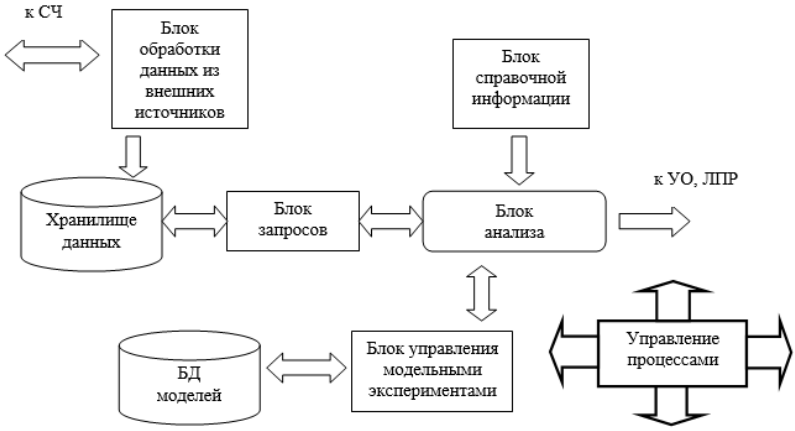


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей модели разрабатываемой информационно-аналитической системы

Необходимые для принятия решения исходные данные, поступающие в систему, через систематизирующую часть (СЧ) перенаправляются в блок обработки данных, где происходит преобразование в сводную форму для последующего использования базы правил. Результаты передаются управляемому объекту (УО). Использование блока запросов позволяет адаптировать разноформатные исходные данные под требования базы правил. Использование SQL-запросов позволяет реконструировать потоковые данные в свободную

форму. Модульная архитектура информационно-аналитических систем позволяет увеличить количество параллельно обрабатываемых запросов, более оперативно предоставлять результирующие сведения [2, 5].

2. Причины и следствия возникновения пожаров

На втором этапе исследованы причины и следствия возникновения пожаров на объектах образовательных комплексов (рис. 2).

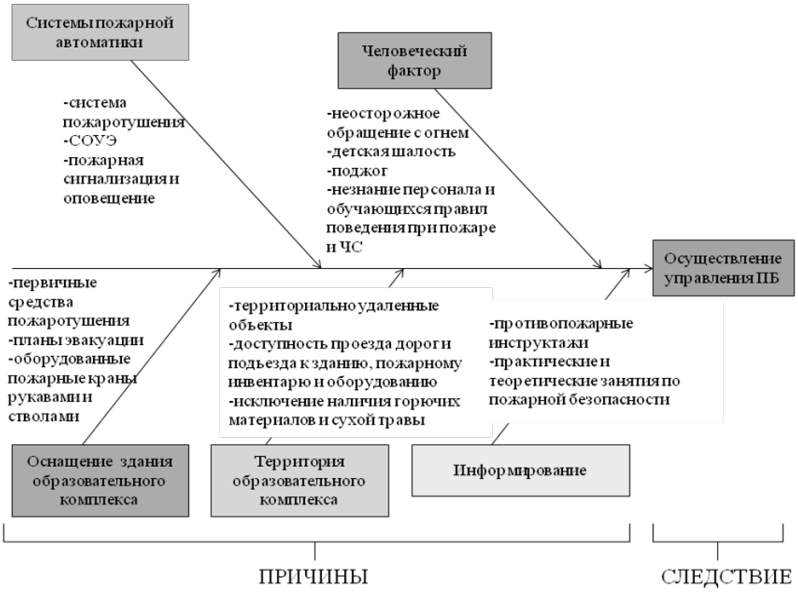


Рис. 2. Причины и следствие возникновения пожаров на объектах управления образовательного комплекса

Детальная проработка исходных данных (факторы и причины) позволила построить типовые сценарии [3]. Например:

при возникновении пожара в одном из корпусов образовательного комплекса, система обнаруживает первичные факторы пожара → сотрудник охраны получает сигнал «ПОЖАР» на центральный пост пожарной охраны → обследует предполагаемое место возгорания, при подтверждении возгорания (ЕСЛИ) → сотрудник охраны информирует о возгорании сотрудника, ответственного за пожарную безопасность → происходит запуск речевого оповещения в здании → передача сигнала «ПОЖАР» в ЦУКС → ответственный за ПБ информирует сотрудников здания ОК посредством телефонной связи или через стойку речевого

оповещения о возгорании → дежурный персонал производит эвакуацию сотрудников и обучающихся из здания → ответственный за ПБ у центрального входа в здание ждет пожарный расчет → обеспечивает беспрепятственный доступ к месту возгорания → сотрудники пожарного расчета выполняют обследование здания на предмет оставшихся сотрудников и обучающихся → приступают к тушению пожара.

Также учтены особенности комплексов: корпуса объединены посредством телефонной связи; в случае пожара ответственный за пожарную безопасность принимает сигнал «ПОЖАР» по телефонной связи → направляется сигнал в ЦУКС → подразделения пожарного расчета прибывают на тушение. При одновременном сигнале нескольких корпусов алгоритм дублируется.

Дальнейший анализ позволил выделить ряд проблемных моментов, которые необходимо учесть при проектировании системы поддержки управления [4, 6]:

1) сотрудники объектов управления вынуждены в обязательном порядке ждать решения лиц, ответственных за пожарную безопасность;

2) при пожарах на территории наличие только ответственного за пожарную безопасность увеличивает время реагирования;

3) участники часто не подготовлены / не обучены алгоритмам взаимодействия друг с другом;

4) безответственное отношение, как со стороны обслуживающей организации, так и дежурного персонала и лиц, часто приводит к отказу работы системы инженерного комплекса объекта.

3. Анализ факторов возникновения пожаров

На следующем этапе исследований все факторы разбиты на несколько групп, что позволило построить единую зависимость и обеспечить процесс наполнения первой части дерева сценариев:

1. Обеспечение соблюдения требований ПБ.
2. Сообщение о возникновении пожара. Наиболее типичными проблемами являются.
3. Прекращение всех работ в здании.
4. Организация эвакуации.
5. Организация встречи пожарных подразделений.
6. Организационное воздействие, контроль.
7. Внутренняя среда образовательного комплекса.
8. Внешняя среда. Привлечение: дознавателей, пожарных подразделений, медицинских работников, спасательных служб.

4. Модели взаимодействия лиц, принимающих решения

На следующем этапе исследований построена модель упорядочивания ресурсов (проектов), возможность реализации которых рассматривает лицо, принимающее решение в комплексе при контроле этапе формирования правил альтернативных сценариев развития пожаров с учетом множества исходных данных (рис. 3).

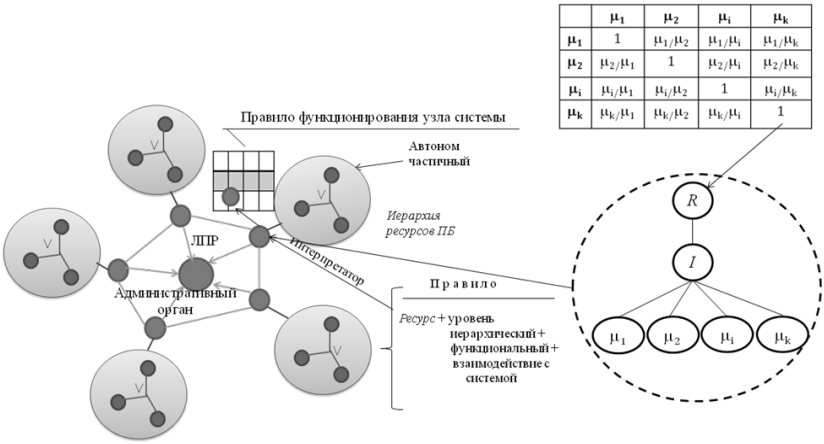


Рис. 3. Взаимодействие через интерпретатор путем построения платежной матрицы и дерева целей

Процесс принятия управленческих решений важен на всех этапах проектирования и реализации системы пожарной безопасности. Как следствие охвачены все этапы, начиная с процесса закупки необходимого оборудования для всего комплекса в целом. Процесс закупки характеризуется платежной матрицей $\Gamma_R =< I, J, R >$, где [7]:

$I = \{1,\ 2,\ 3,\ \ldots, k\}$ множество стратегий первого игрока (лицо, принимающее решения по выбору ресурсов);

$\tilde{I} = \{(\mu_1 / 1),\ (\mu_2 / 2),\ \ldots,\ (\mu_i / i),\ \ldots,\ (\mu_k / k)\}$ – нечеткое множество, μ_i – уровень надежности альтернативы *i*-го элемента,

$J = \{1,\ 2,\ 3,\ \ldots, n\}$ – множество стратегий второго игрока (лица, принимающее решения по выбору поставщиков в подразделениях МЧС России), R – полностью или частично известная платежная матрица, $R = R_{k \times n} = (r_{ij})$.

Для выбора ресурсов лицо, принимающее решения, для каждого сценария строит теоретико-игровую модель сравнительного анализа уровня надежности (рис. 4).

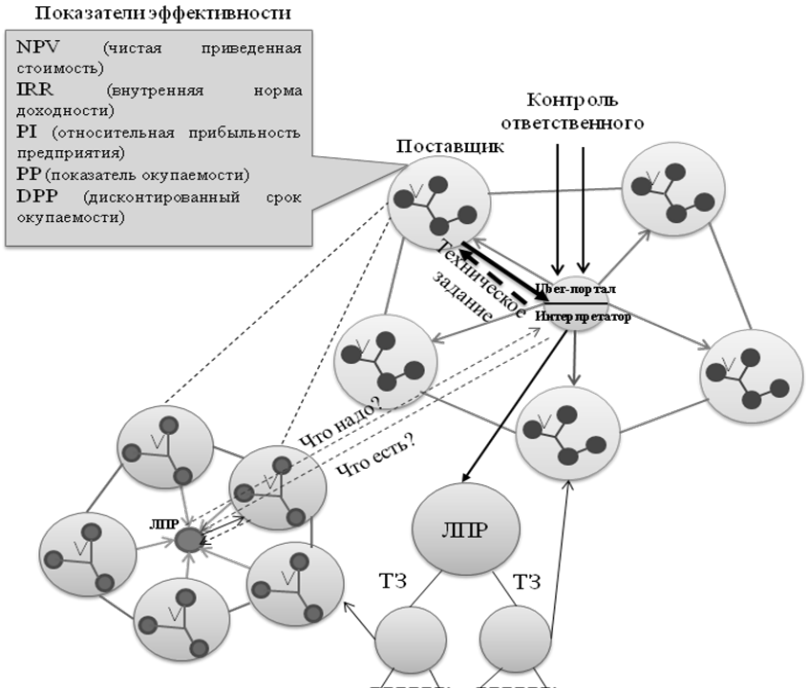


Рис. 4. Взаимодействие лиц, путем построения теоретико-игровой модели сравнительного анализа уровня надежности ресурсов по показателям эффективности

Процесс принятия управленческих решений для сравнительного анализа уровня надежности характеризуется $\Gamma\mu =< I, J, \mu >$.

Теоретико-игровая схема сравнительного анализа уровня надежности ресурсов на основе комбинированного применения статистических и антагонистических игр совместно с нечеткой математикой имеет следующий вид (рис. 5).

Рис. 5. Теоретико-игровая схема сравнительного анализа уровня надежности ресурсов

Заключение

Применение современных компьютерных средств с использованием соответственного программного обеспечения для образовательных комплексов позволяет максимально эффективно проводить профилактику пожаров, выполнять локализацию и тушение. В процессе принятия инвестиционных решений применение теоретико-игровой схемы сравнительного анализа уровня надежности позволяет экономить средства, лучше учитывать такие особенности как неполнота информации, неопределенность, противоречивость, альтернативность, многокритериальность.

Построенные модели по выбору и распределению ресурсов являются эффективным средством решения задач по обеспечению пожарной безопасности в процессе функционирования работы образовательных комплексов.

Список литературы

1. Пожарная безопасность образовательного учреждения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://pandia.ru.

2. Рыженко, А.А. Ограничения форм формализации управляемых процессов информационного взаимодействия уровня государственной метакорпорации / Системный анализ в экономике – 2016: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции-биеннале (9-11 ноября 2016) / под ред. Г.Б. Клейнера, С.Е. Щепетовой. Т.1. – М.: Финансовый университет, 2016. – с. 221-224.

3. Рыженко, А.А. Выбор компонентов системы поддержки управления единого информационного пространства государственной метакорпорации / Экономика и управление: проблемы, решения. – 3, том 4 (63) – март 2017. – с. 154-159.

4. Рыженко, А.А. Проектирование алгебраической формы распределенной базы правил системы с автономными элементами / Седьмая Международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» САИТ – 2017 (13-18 июня 2017 г., г. Светлогорск, Россия): Труды конференции. – С. 324-328.

5. Прошина, О.М. Осуществление управления пожарной безопасностью в здании образовательного комплекса // Матер. 27-ой междунар. научно-техн. конф. «Системы безопасности - 2018». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 259-262.

6. Прошина, О.М. Проблемы обеспечения пожарной безопасности образовательных комплексов мегаполисов // Матер. 26-ой междунар. научно-техн. конф. «Системы безопасности - 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 419-421.

7. Сигал, А.В. Антагонистическая игра, заданная в условиях частичной неопределенности / А.В. Сигал, В.Ф. Блыщик // Экономическая кибернетика: Международный научный журнал. – 2005. - № 5-6 (35-36). – С. 47-53.

Методика и результаты статистических оценок эффективности идентификации разнородных данных

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru
О. Э. Разинькова, email: razinkova-olga@rambler.ru
М. Ю. Лукин, email: bonvian81@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»), г. Воронеж, Россия

Аннотация. *С использованием критерия минимума среднего риска разработана методика идентификации разнородных данных при структурно-системном мониторинге. Исследованы вероятности правильной идентификации объектов и ложной тревоги при неточно заданных значениях и возможных пропусках сопоставляемых признаков.*

Ключевые слова: *критерий минимума среднего риска, параметры идентификации, апостериорная вероятность гипотезы, априорная вероятность условия идентификации, условная вероятность ситуации идентификации, вероятности правильной и ложной идентификации.*

Введение

Идентификация разнородных данных является одной из ключевых задач разработки технологий структурно-системного мониторинга, выполняемого с применением разнородных средств добывания данных, функционирующих в едином контуре управления [1]. Она решается на основе сопоставления однотипных демаскирующих признаков объектов, проявившихся в различных каналах поиска (наблюдения), и принятия решения о принадлежности этих признаков определенным объектам в соответствии с мерой соответствия параметров идентификации [2, 3].

В предлагаемой работе с использованием критерия минимума среднего риска [4] и оценок максимального правдоподобия однотипных параметров объектов [1, 3] разработана методика и исследованы статистические показатели эффективности идентификации разнородных данных.

Цель работы – установление закономерностей идентификации данных при неточно заданных значениях и пропусках сопоставляемых признаков.

© Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., Лукин М. Ю., 2020

1. Методика идентификации разнородных данных при неточно заданных значениях и пропусках однотипных признаков

При разработке методики полагалось, что идентификации подвергаются I и J объектов, демаскирующие признаки которых зафиксированы различными средствами мониторинга; ввиду возможных пропусков целей, общем случае, $I \neq J$.

В соответствии с используемым критерием минимума среднего риска задача идентификации заключается в установлении принадлежности I признаков, выявленных первым средством мониторинга, $K_I = I + J$ объектам из числа J зафиксированных или I пропущенных вторым средством мониторинга по правилу [4]

$$\left(i', k'\right) = \arg \min_{\substack{i=1\ldots I, \\ k=1\ldots K_I}} \overline{R}_{ps}, \qquad (1)$$

где

$$\overline{R}_{ps} = \sum_{i=1}^{I} \sum_{k=1}^{K_I} R_{ik} P_{ps}^{ik}, \qquad (2)$$

– средний риск принятия решения об идентификации данных, R_{ik} – риск, соответствующий гипотезе об идентификации признаков объектов с порядковыми номерами i и k,

$$P_{ps}^{ik} = P_{ap}^{i} P_{k/i}, \qquad (3)$$

– апостериорная вероятность гипотезы об отождествлении данных, определенная в соответствии с байессовским подходом [4], P_{ap}^{i} – априорная вероятность условия отождествления i-го объекта, $i = 1\ldots I$, $P_{k/i}$ – условная вероятность ситуации отождествления k-го, $k = 1\ldots K_I$, и i-го, $i = 1\ldots I$, объектов [4].

Полагая, по аналогии с [2, 3], что правильно принятые решения не приводят к информационным потерям, все ошибочные решения характеризуются одинаковыми рисками, а априорные вероятности условия отождествлении объектов равны, правило (1) с учетом (2), (3) представим в виде

$$\left(i', k'\right) = \arg \max_{\substack{i=1\ldots I, \\ k=1\ldots K_I}} P_{k/i} \qquad (4)$$

Условная вероятность ситуации отождествления находится как произведение вероятностей того, что при гипотезе отождествления пары

объектов (i, k) значение i-го, $i = 1 \ldots I$, признака принадлежит некоторой области значений, определяемой порогом принятия решения [4], в окрестности значения k-го признака, $k = 1 \ldots K_I$, а значения признаков каждого p-го признака, $p \neq i$, $p = 1 \ldots I$, располагаются за ее пределами.

Правило идентификации (4) является оптимальным, поскольку за счет полного перебора возможных сочетаний характерных признаков достигается формирование пар (i, k), $i = 1 \ldots I$, $k = 1 \ldots K_I$, при которых условные вероятности ситуаций отождествления, соответствующие правильным решениям, достигают наибольших значений.

Для повышения быстродействия процедуры идентификации объектов разработана модификация правила (4), имеющая вид

$$(i', k') = \arg \max_{\substack{i=1 \ldots I, \\ k=1 \ldots K_I}} P_{k/i} \Big|_{P_{k/i'}=0,\ P_{k'/i}=0} \qquad (5)$$

Согласно (5), при идентификации разнородных данных в матрице условных вероятностей $P_{k/i}$, $k = 1 \ldots K_I$, $i = 1 \ldots I$, находится наибольший элемент, соответствующий ситуации отождествления k'-го и i'-го объектов, $k = 1 \ldots K_I$, $i = 1 \ldots I$. Сформированная пара признаков заносится в список выполненных идентификаций данных, из матрицы условных вероятностей ситуаций отождествления исключаются элементы k'-й строки и i'-го столбца. В модифицированных матрицах $P_{k/i}$, размеры которых на каждом шаге сокращаются на 1, указанные действия повторяются $L_I = \min(I, J)$ раз.

Исключение строк и столбцов из исходной матрицы выполняется путем обращения в нуль элементов $P_{k/i'}$ и $P_{k'/i}$, $k, k' = 1 \ldots K_I$, $i, i' = 1 \ldots I$. При этом общее число операций по отождествлению объектов сокращается в L_I раз по сравнению с правилом (4)..

Правило идентификации (5) является квазиоптимальным ввиду того, что при его использовании возможны пропуски подлежащих идентификации целей, поскольку в k'-й строке и i'-м столбце, исключающихся из матрицы условных вероятностей ситуаций отождествления, могут содержаться элементы, имеющие большие значения, чем оставшиеся в модифицированной матрице. В результате

ошибочной идентификации пары объектов (k'', i') при истинной идентификации признаков (k', i') и (k'', i'') пара объектов (k', i'') также не подлежит правильному отождествлению, $k', k'' = 1 \ldots K_I$, $i', i'' = 1 \ldots I$.

2. Статистические оценки эффективности идентификации разнородных данных

Для оценки эффективности идентификации разнородных данных в соответствии с (5) использована разработанная в [3] имитационная модель отождествления объектов по оценкам угловых координат $\tilde{\theta}_i$ и $\hat{\theta}_k$, $i = 1 \ldots I$, $k = 1 \ldots K_I$, со среднеквадратическими ошибками (СКО) $\tilde{\sigma}_\theta$ и $\hat{\sigma}_\theta$. Модель реализована на языке C++ в программной среде Qt Creator. Аналитические выражения, связывающие условные вероятности $P_{k/i}$ с СКО $\tilde{\sigma}_\theta$ и $\hat{\sigma}_\theta$ для массивов значений $\tilde{\theta}_i$ и $\hat{\theta}_k$, $k = 1 \ldots K_I$, $i = 1 \ldots I$, в секторе углов $\Delta\theta$, приведены в [1, 2, 5]. В [2] показано, что при высокой априорной точности оценки сопоставляемых признаков [6] правило (5) может быть представлено в виде

$$(i', k') = \arg \min_{\substack{i=1 \ldots I, \\ k=1 \ldots K_I}} \left[\frac{\left(\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_k\right)^2}{\tilde{\sigma}_\theta^2 + \hat{\sigma}_\theta^2} + \frac{1}{2} \ln\left(\tilde{\sigma}_\theta^2 + \hat{\sigma}_\theta^2\right) \right]. \qquad (6)$$

Вероятность правильной идентификации объектов P_0 определялась как статистически усредненное отношение числа правильно отождествленных целей к общему количеству выполненных отождествлений, вероятность ложной тревоги P_1 – как отношение математического ожидания ложно выполненных к общему количеству возможных ошибочных отождествлений [5].

По результатам статистических испытаний модели установлено, что при СКО $\tilde{\sigma}_\theta = 1^\circ$ и $\hat{\sigma}_\theta = 0{,}5^\circ$ вероятность правильной идентификации $I = J = 20$ объектов, размещенных в секторе углов $\Delta\theta = 180^\circ$, составляет 0,85, а вероятность ложной тревоги не превышает 0,01. По мере увеличения $\hat{\sigma}_\theta$ до 2° величина P_0 снижается до 0,7, а при $\hat{\sigma}_\theta = 5^\circ$ достигает 0,5. С уменьшением сектора углов до $\Delta\theta = 90^\circ$, приводящим к повышению плотности объектов, вероятность их правильной идентификации при СКО $\hat{\sigma}_\theta = 0{,}5^\circ$ и $\hat{\sigma}_\theta = 5^\circ$ убывает до 0,7 и 0,3 соответственно. Данный эффект обусловлен пропусками подлежащих

отождествлению целей в массивах условных вероятностей ситуаций отождествления [5, 6].

За счет сокращения идентифицируемых объектов до 15 значение P_0 при $\hat{\sigma}_\theta = 5^\circ$ возрастает до 0,4. Вероятность правильной идентификации $I = J = 10$ объектов в секторе углов до $\Delta\theta = 90^\circ$ при $\hat{\sigma}_\theta =$ 0,5° составляет 0,85, а при $\hat{\sigma}_\theta = 5^\circ$ снижается до 0,5.

Заключение

Таким образом, с использованием критерия минимума среднего риска разработана методика идентификации разнородных данных при структурно-системном мониторинге. Исследованы вероятности правильной идентификации объектов и ложной тревоги при различных значениях СКО и возможных пропусках сопоставляемых признаков.

Авторы выражают благодарность Литиковой А.С. за разработку машинной программы, реализующей имитационную модель идентификации объектов по оценкам угловых координат в системах мониторинга.

Литература

1. Попова, О. Э. Отождествление объектов в системах активно-пассивной радиолокации / О. Э. Попова, С. Н. Разиньков // Измерительная техника. – 2008. – № 6. – С. 43-48.

2. Разиньков, С. Н. Эффективность коллективной идентификации объектов при неточно заданных значениях однотипных параметров / С. Н. Разиньков, Е. А. Жидко // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2018. – Т. 16. – № 8. – С. 64-68.

3. Литикова, А. С. Имитационная модель отождествления объектов при структурно-системном мониторинге обстановки / А. С. Литикова, С. Н. Разиньков // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 1. – С. 14-18.

4. Барабаш, Ю. Л. Вопросы статистической теории распознавания / Ю. Л. Барабаш, Б. В. Варский, В. Т. Зиновьев // Под ред. Б. В. Варского. – М.: Советское радио, 1967. – 400 с.

5. Попова, О. Э. Отождествление угловых координат целей в системах активно-пассивной радиолокации / О. Э. Попова, С. Н. Разиньков // Антенны. – 2008. – № 1(128). – С. 58-61.

6. Школьный, Л. А. Отождествление РЭС на основе данных от разнородных датчиков информации / Л. А. Школьный, С. И. Ясько // Радиотехника. – 1999. – № 9. – С. 3-7.

Анализ помехозащищенности систем радиосвязи и радиолокации со сверхширокополосными сигналами

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru [1]
А. В. Тимошенко, email: u567ku78@gmail.ru [2]
М. Ю. Лукин, email: bonvian81@mail.ru [1]

[1]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»), г. Воронеж, Россия
[2] Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца (РТИ), г. Москва, Россия

Аннотация. *С использованием спектрального представления негармонических волновых процессов и парциальных характеристик передающих и приемных антенн получены уравнения для определения энергии сигналов и помех на входах приемников сверхширокополосных систем радиосвязи и радиолокации. Оценена помехозащищенность и найдены уровни маскирующих помех, нарушающих функционирование радиосистем.*

Ключевые слова: *сверхширокополосный сигнал, активная помеха, система радиосвязи, радиолокационная станция*

Введение

Для повышения помехозащищенности в системах радиосвязи и радиолокации предлагается применять сверхширокополосные (СШП) сигналы [1, 2]. За счет распределения энергии в диапазоне частот реализуются возможности режекции мешающих излучений [1, 3] в отдельных участках спектра сигнала без существенных потерь содержащейся в нем информации, вследствие малой спектральной плотности мощности в радиоканале достигается энергетическая скрытность функционирования радиоэлектронных средств (РЭС), затрудняющая создание преднамеренных помех.

Согласно [3], показатель помехозащищенности определяется как отношение энергии W_h помехи к энергии W_s полезного сигнала, при котором ухудшение характеристик радиосистемы не превышает допустимый уровень.

В предлагаемой работе на основе спектрального представления негармонических процессов и энергетических уравнений их передачи в прямом радиоканале и канале с рассеянием [2] получены оценки

© Разиньков С. Н., Тимошенко А. В., Лукин М. Ю., 2020

отношения W_h / W_s и определены условия подавления СШП радиосредств и радиолокационных станций (РЛС) активными маскирующими помехами.

Цель работы – оценка помехозащищенности средств радиосвязи и радиолокации с СШП сигналами.

1. Анализ помехозащищенности систем СШП радиосвязи

Будем полагать, что дистанция связи R_s и расстояние R_h между источником помехи и подавляемым РЭС удовлетворяет условиям дальней зоны [4] и прямой видимости [1]. В радиосистеме применяются регулярные последовательности сигналов со средней мощностью $\overline{P}_s$, периодом следования T_s, имеющие ширину спектра $\Delta\Omega_s$ с центральной частотой β_s; помеха характеризуется средней мощностью $\overline{P}_h$, периодом следования импульсов T_h, шириной спектра $\Delta\Omega_h$ и центральной частотой β_h. Для передачи-приема СШП сигналов используются однотипные антенны с коэффициентами усиления (КУ) $G_s(\omega)$ на циклической частоте ω, для излучения помех – антенны с парциальными КУ $G_h(\omega)$ вида [5]:

$$G_{s[h]}(\omega) = G_{s[h]0}\left(\frac{\omega}{\beta_{s[h]}}\right)^{q_{s[h]}}, \qquad (1)$$

где $G_{s[h]0}$ – парциальный КУ антенны на циклической частоте $\beta_{s[h]}$, $\omega \in \left[\beta_{s[h]} - 0{,}5\Delta\Omega_{s[h]}; \beta_{s[h]} - 0{,}5\Delta\Omega_{s[h]}\right]$, $q_{s[h]} = 0, 1, 2$.

Энергия сигнала на входе приемника радиосистемы определяется выражением

$$W_s = \frac{c^2 G_{s0}^2 \overline{P}_s T_s p_{s0}}{4\beta_1^2 R_s^2} \begin{cases} \dfrac{4}{4 - K_{\Omega_s}^2} & \text{при } G_s(\omega) = G_{s0}, \\ 1 & \text{при } G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_s}\right), \\ 1 + \dfrac{K_{\Omega_s}^2}{2} & \text{при } G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_s}\right)^2, \end{cases} \qquad (2)$$

где $K_{\Omega_s} = \Delta\Omega_s / \beta_s$ – относительная ширина полосы рабочих частот РЭС, p_{s0} – коэффициент поляризационного рассогласования [2] сигнала с приемной антенной ($0 \le p_{s0} \le 1$), c – скорость света.

Энергия маскирующей помехи на входе приемника удовлетворяет уравнениям:

– при $G_s(\omega) = G_{s0}$

$$W_s = \frac{c^2 G_{h0} G_{s0} \overline{P}_h T_h p_{h0}}{4\beta_h^2 R_h^2} \begin{cases} \dfrac{4}{4 - K_{\Omega_s}^2} & \text{при} \quad G_h(\omega) = G_{h0}, \\ K_{\Omega_h}^{-1} \ln \left| \dfrac{2 + K_{\Omega_h}}{2 - K_{\Omega_h}} \right| & \text{при} \quad G_h(\omega) = G_{h0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right), \\ 1 & \text{при} \quad G_h(\omega) = G_{h0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right)^2; \end{cases} \tag{3}$$

– при $G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_s}\right)$

$$W_s = \frac{c^2 G_{h0} G_{s0} \overline{P}_h T_h p_{h0}}{4\beta_s \beta_h R_h^2} \begin{cases} K_{\Omega_h}^{-1} \ln \left| \dfrac{2 + K_{\Omega_h}}{2 - K_{\Omega_h}} \right| & \text{при} \quad G_h(\omega) = G_{h0}, \\ 1 & \text{при} \quad G_h(\omega) = G_{h0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right)^{q_h} \quad q_h = 1,\ 2 \end{cases} \tag{4}$$

– при $G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_s}\right)^2$

$$W_s = \frac{c^2 G_{h0} G_{s0} \overline{P}_h T_h p_{h0}}{4\beta_s \beta_h R_h^2} \begin{cases} 1 & \text{при} \quad G_h(\omega) = G_{h0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right)^{q_h} \quad q_h = 0,\ 1, \\ 1 - \dfrac{K_{\Omega_h}^2}{12} & \text{при} \quad G_h(\omega) = G_{h0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right)^2, \end{cases} \tag{5}$$

где $K_{\Omega_h} = \Delta\Omega_h / \beta_h$ – относительная ширина полосы помехи, p_h – коэффициент рассогласования поляризации помехи и антенны подавляемого РЭС ($0 \le p_{h0} \le 1$).

Из (2) – (5) следует, что при фиксированном значении $G_{h0}\overline{P}_h$ наибольшее отношение W_h / W_s на входе РЭС с постоянным КУ антенн в полосе рабочих частот достигается при излучении помех антенной с КУ вида $G_h(\omega) = G_{h0}(\omega/\beta_h)^2$; при меньшей степени частотной зависимости КУ антенны постановщика помех помехозащищенность системы СШП радиосвязи повышается в 1,1…1,3 раз. При $G_h(\omega) = G_{h0}(\omega/\beta_h)^{q_h}$, $q_h = 1, 2$, за счет выбора антенн постановщиков помех с различными законами распределения парциальных КУ энергия W_h изменяется не более чем на 10%. Энергетический потенциал постановщика маскирующих помех, согласованных по ширине спектра с сигналом РЭС, сравним с величиной, требуемой для подавления узкополосных радиосистем прицельными по частоте помехами [1].

2. Анализ помехозащищенности РЛС с СШП сигналами

При оценке энергии W_s на входе приемника РЛС для параметров зондирующих радиоимпульсов примем такие же обозначения, как для сигналов РЭС радиосвязи; R_s определим как дальность до цели.

Будем полагать, что излучение и прием сигналов РЛС осуществляются одной антенной с парциальным КУ вида (1), а парциальная эффективная площадь рассеяния (ЭПР) радиолокационной цели определяется выражением [3]

$$\sigma(\omega) = \tilde{\alpha}_0 \, a^{k_s+2} \left(\frac{\omega}{c}\right)^{k_s}, \qquad (6)$$

где $\tilde{\alpha}_0$ – геометрический параметр, a – характерный размер объекта, k_s – показатель степени, принимающий значения 0 или 2. Для уголковых отражателей с треугольными, квадратными и полукруглыми гранями и характерным размером в виде длины ребра геометрические параметры принимают значения $1/3\pi$, $3/\pi$ и $3/4\pi$ соответственно. Для квадратной пластины, расположенной перпендикулярно направлению прихода зондирующего радиолокационного сигнала, характерным размером которой является длина ее стороны, $\tilde{\alpha}_0 = 1/\pi$. Для диска, перпендикулярного направлению облучения, линзы Люнеберга и сферы,

в качестве характерных размеров которых определены их радиусы, коэффициент $\widetilde{\alpha}_0 = \pi$. Парциальная ЭПР сферы в (6) характеризуется показателем $k_s = 0$; для других указанных выше отражателей $k_s = 2$ [3].

Энергия сигнала, отраженного от цели с зависимостью парциальной ЭПР от текущего значения циклической частоты, имеющей показатель степени $k_s = 2$, удовлетворяет уравнению

$$W_s = W_s = \frac{G_{s0}^2 \, \overline{P}_s \, T_s \, p_{s0} \, \widetilde{\alpha}_0 \, a^4}{16 \, \pi \, R_s^4} \begin{cases} 1 & \text{при} \quad G_s(\omega) = G_{s0}, \\ 1 + \dfrac{K_{\Omega_s}^2}{12} & \text{при} \quad G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right), \\ 1 + \dfrac{K_{\Omega_s}^2}{2} + \dfrac{K_{\Omega_s}^4}{80} & \text{при} \quad G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right)^2; \end{cases} \tag{7}$$

энергия вторичного излучения идеально проводящей сферы (при $k_s = 0$) определяется выражением

$$W_s = W_s = \frac{G_{s0}^2 \, \overline{P}_s \, T_s \, p_{s0} \, a^4}{16 \, R_s^4} \begin{cases} \dfrac{4}{4 - K_{\Omega_s}^2} & \text{при} \quad G_s(\omega) = G_{s0}, \\ 1 & \text{при} \quad G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right), \\ 1 + \dfrac{K_{\Omega_s}^2}{2} & \text{при} \quad G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_h}\right)^2. \end{cases} \tag{8}$$

Из (7), (8) следует, что дальность действия РЛС при фиксированном отношении W_h / W_s пропорциональна линейным размерам и зависит от формы объекта. Для пластины, перпендикулярной направлению облучения, дальность действия РЛС превышает значение, достижимое для уголкового отражателя с треугольными гранями, в 1,3 раз; для отражателей с прямоугольными и полукруглыми гранями – в 1,73 раз и 1,41 раз соответственно. Дальности обнаружения R_s диска и линзы Люнеберга равны и в 1,77 раз превосходят величину для идеально проводящей пластины.

С использованием (3) – (5), (7), (8) установлено, что для достижения отношения W_h / W_s =10…12 дБ на входе приемника РЛС на

дальности $R_h = R_s = 100\ldots150$ км при $G_s(\omega) = G_{s\,0} = 10^3$, $\overline{P}_s = 5\cdot10^3$ Вт, $\sigma(\omega) \equiv 1\ldots50$ м^2, $T_s = T_h$ и $p_{s\,0} = p_{h\,0}$ энергетический потенциал станции помех должен составлять 0,1…5 кВт. Аналогичные значения $G_{s0}\overline{P}_s$ требуются для нарушения помехозащищенности узкополосных РЛС за счет создания прицельных по частоте помехам со средней мощностью излучения около 5 кВт.

За счет применения в РЛС антенн с парциальными КУ, линейно изменяющимся в полосе частот, энергия сигнала, отраженного от цели, может возрастать примерно в 1,3 раз. В радиолокаторах с квадратичной зависимостью парциальных КУ антенн от текущей циклической частоты сигнала возможно дополнительное повышение помехозащищенности на 1,6…1,7 дБ.

При использовании линейной антенной решетки для излучения и приема сигналов расстояние R_s пропорционально корню квадратному из ее эквивалентной длины; дальность действия РЛС с апертурной антенной пропорциональна эквивалентному радиусу раскрыва.

Для заданных размеров антенных систем РЛС $R_s \sim \sqrt{\beta_s}$; при $G_s(\omega) = G_{s0}$ дистанция $R_s \sim 1/\sqrt{\beta_s}$; с уменьшением циклической частоты несущей сигнала для сохранения требуемых направленных свойств антенн необходимо пропорционально увеличивать их габариты.

Энергия помех, излучаемых линейной решеткой, пропорциональна ее эквивалентной длине, для постановщиков с апертурными антеннами W_h возрастает с увеличением площади раскрыва по линейному закону.

Для повышения показателя W_h / W_s на 2…2,5 дБ требуется увеличить размеры решетки постановщика помех в 3…4 раза, а радиус апертурной антенны – в 1,7…2 раза. Аналогичное снижение отношения помеха/сигнал на входе приемника РЛС достигается при увеличении размера ее решетки в 1,7…2 раза, а радиуса антенны – в 1,3…1,4 раз.

При приеме СШП сигнала, отраженного от проводящей сферы наибольшее отношение W_h / W_s достигается при $G_s(\omega) = G_{s0}\left(\dfrac{\omega}{\beta_s}\right)$. Для РЛС, оснащенной антенной системой с постоянным парциальным КУ, энергия информационного сигнала W_s уменьшается в 1,3 раз, а при изменении КУ пропорционально ω во второй степени – в 1,5 раз.

Тождественные показатели защищенности СШП РЛС от активных

маскирующих помех, создаваемых из пространственно разнесенных точек, удаленных на $R_h = 180\ldots200$ км, сохраняются при увеличении энергетических потенциалов постановщиков на 2,3…3,5 дБ.

Отношение сигнал/(помеха+шум) на входе приемника РЛС при сокращении длительности зондирующего сигнала сохраняется за счет пропорционального увеличения энергетического потенциала $G_{s0}\overline{P}_s$ [6].

Заключение

На основе спектрального представления негармонических процессов и использования парциальных характеристик передающих и приемных антенн получены уравнения для определения энергии сигналов и помех на входах приемников средств СШП радиосвязи и радиолокации. Оценена помехозащищенность и найдены требуемые уровни активных помех, нарушающих функционирование радиосистем, при применении различных видов антенных систем.

Список литературы

1. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Под ред. Я. Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
2. Авдеев, В.Б. Энергетические характеристики направленности антенн и антенных систем при излучении и приеме сверхширокополосных сигналов и сверхкоротких импульсов / В. Б. Авдеев // Антенны. – 2002. – №7 (62). – С. 5-27.
3. Радиолокационные устройства (теория и принципы построения) / Под ред. В. В. Григорина-Рябова. – М.: Советское радио, 1970. – 680 с.
4. Неганов, В.А. Современная теория и практические применения антенн / В. А. Неганов, Д. П. Табаков, Г. П. Яровой; под ред. В. А. Неганова. – М.: Радиотехника, 2009. – 720 с.
5. Козлов, А. И. Поляризационная структура радиолокационных сигналов / А. И. Козлов, А. И. Логвин, В. А. Сарычев. – М.: Радиотехника, 2005. – 704 с.
6. Разиньков. С. Н. Эффективность радиоподавления сверхширокополосных радиолокационных станций маскирующими помехами / С. Н. Разиньков, О. Э. Разинькова // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2012. – Т. 15 – № 3. – С. 67-74.

Методика объективного диагноза синоптического положения

И.П. Расторгуев [1], E-mail: iprastor@yandex.ru,
М. А. Фадеев [1]

[1] ВУНЦ ВВС ВВА им. Ю.А. Гагарина и Н.Е. Жуковского

Аннотация. *Представлены методические аспекты решения задачи автоматизированного (объективного) определения фактической синоптической ситуации (синоптического положения).*

Ключевые слова: *Синоптическое положение, типовые синоптические ситуации, метеорологические ГИС*

Введение

Несмотря на широкое применение вычислительной техники и современных информационных технологий в метеорологии, решение основополагающей задачи анализа и прогноза погоды – определения синоптического положения, производится на основе субъективных экспертных оценок. В работе представлен подход к решению данной задачи на основе объективных характеристик приземного барического поля.

1. Исходные данные и методика исследования

Значимость правильного определения синоптического положения, под которым понимается совокупность взаимосвязанных атмосферных объектов синоптического масштаба (барических образований, атмосферных фронтов, воздушных масс), определяется формированием типичных метеорологических условий в области их влияния. То есть, зная ожидаемую синоптическую ситуацию можно сформулировать фоновые (обобщенные) погодные условия над определенной территорией, районом или пунктом в определенный момент или промежуток времени. При этом объективное определение фактической ситуации рассматривается, прежде всего, с позиции восприятия его, как исходного положения для прогноза синоптического положения и метеорологических условий.

Существует ряд классификаций синоптических положений, основанных эмпирическом подходе к их дифференциации [1-4 и др.].

В данном исследовании использовалась оригинальная классификация, включающая 16 типичных синоптических ситуаций. Отличительной особенностью данной классификации является объединение некоторых сходных ситуаций и выделение двух новых:

© Расторгуев И.П., Фадеев М.А., 2020

«северная» часть циклона и параллельные изобары. «Северная» часть заключена в кавычки, потому что в зависимости от направления перемещения циклона, она может быть и западной, и северо-западной, и северо-восточной. Северной она является при наиболее типичной форме атмосферной циркуляции – западно-восточном переносе. В большинстве случаев метеорологические условия в этой части циклона существенно отличаются от условий в его передней, центральной и тыловой частях. Параллельные изобары – ситуации, когда не выражена ни циклоническая ни антициклоническая кривизна изобар при значительных барических градиентах. Пример типичных синоптических ситуаций, используемых в работе, представлен на рис. 1.

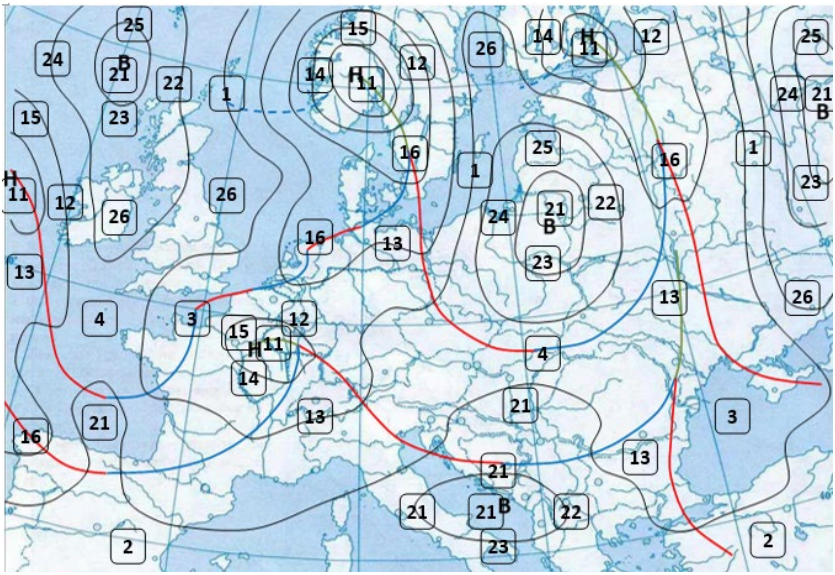


Рис. 1. Типовые синоптические ситуации

На рисунке цифрами обозначены типовые синоптические ситуации:

с невыраженной (условно – нейтральной) циркуляцией

1 – параллельные изобары,

2 – малоградиентное поле повышенного давления,

3 – малоградиентное поле пониженного давления,

4 – седловина;

с циклонической циркуляцией
11 – центр циклона,
12 – передняя часть циклона,
13 – теплый сектор циклона,
14 – тыловая часть циклона,
15 – северная часть циклона,
16 – ложбина;
с антициклонической циркуляцией
21 – центр антициклона,
22 – восточная периферия,
23 – южная периферия,
24 – западная периферия,
25 – северная периферия,
26 – гребень.

Синоптическая ситуация – комплексное понятие, существенно выходящее за пределы форм приземного барического рельефа. В рамках данной работы, преднамеренно внесены ограничения на определение только форм приземного барического поля по значениям давления, приведенного к уровню моря в 8 узлах сетки с шагом 500 км (рис. 2).

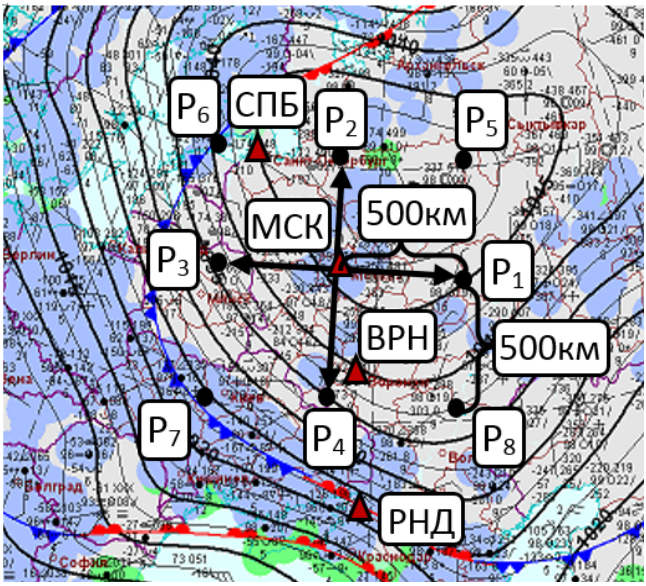


Рис. 2. Схема снятия данных с карт погоды

Для определении исходных данных использовались электронные приземные каты погоды в традиционном представлении (2004-2010 годы) и карты, построенные с использованием автоматизированного рабочего места военного гидрометеоролога (АРМ-ВГМ) – за 2012-2118 годы.

Для учета неоднородности барического поля в различных физико-географических условиях, данные снимались в четырех пунктах на европейской территории России от 47° до 60° с. ш. (более 1400 км): Санкт-Петербург (СПБ), Москва (МСК), Воронеж (ВРН), Ростов-на-Дону (РНД).

Помимо данных приземного давления в узлах сетки, рассчитывались другие показатели барического поля для каждого пункта: изменение (производные) давления в различных направлениях (запад – восток, север – юг, северо-запад – юго-восток, юго-запад – северо-восток), дивергенция – конвергенция (схождение – расхождение) воздушного потока по аналогичным направлениям и лапласиан приземного давления.

Расчеты осуществлялись по следующим выражениям.

Производные:

$$\Delta P_{mn} = \left(P_m - P_n\right)/\Delta l \,. \qquad 1$$

Дивергенция:

$$D_{mn/ij} = \left(P_m - P_n\right)/\left(P_i - P_j\right). \qquad 2$$

Лапласиан:

$$\nabla^2 P = \left(P_1 + P_2 + \ldots + P_8\right) - 4P_0 \,. \qquad 3$$

В формулах использованы следующие обозначения:

- Δl – шаг сетки в км;
- $P_1, P_2, \ldots, P_n$ – значения давления в узлах сетки;
- P_n, P_m, P_i, P_j – обозначение давления в узлах в общем виде;
- P_0 – значение давления в исходном пункте.

Для определения степени разделимости трех классов циркуляции (невыраженная или нейтральная, циклоническая, антициклоническая) рассчитывались средние выборочные характеристики положения и рассеяния для каждого класса и тесты для проверки гипотез о равенстве характеристик распределения для каждой пары классов.

2. Результаты исследования

На начальном этапе исследования были определены повторяемости типов синоптических ситуаций и классов циркуляции. Результаты расчетов представлены на рисунках 3 и 4, соответственно.

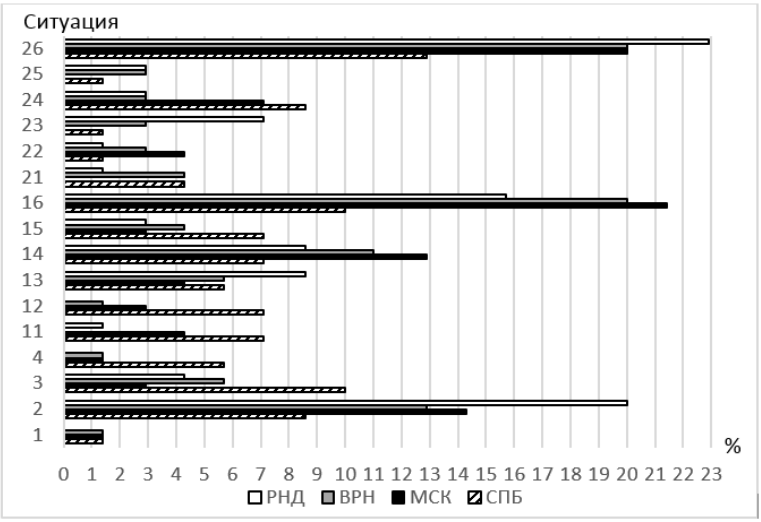


Рис. 3. Повторяемость типов синоптических ситуаций

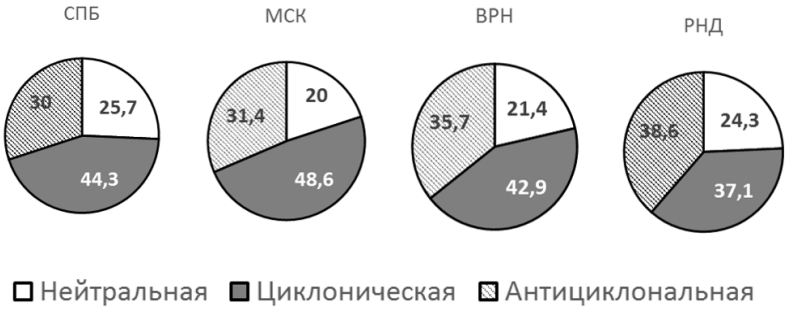


Рис. 4. Повторяемость классов циркуляции

Из представленных распределений по классам циркуляции можно отметить, что не смотря на схожесть повторяемостей, имеются существенные отличия в широтном распределении циклонической циркуляции: с максимумом на широте Москвы и минимума в районе Ростова-на-Дону (более чем на 11%). По северу и югу рассматриваемой территории отмечено незначительное преобладание антициклональной циркуляции (более 9%).

Указанные особенности согласуются с известными синоптико-климатическими особенностями рассматриваемых регионов.

Из анализа повторяемости типов синоптических ситуаций, можно отметить преобладание в первом классе малоградиентных полей пониженного давления, во втором – ложбин циклонов, в третьем – гребней антициклонов. Таким образом, при выраженной циркуляции чаще наблюдаются периферийные области барических образований. Под влиянием центральных частей циклонов рассматриваемые пункты находились только от 1,5 до 7% случаев, антициклонов – до 4-5%.

По рассчитанным значениям средних и стандартных отклонений значений характеристик барического поля различных классов можно сделать предварительный вывод о существенном отличии статистик для большинства характеристик барического поля, а следовательно, и о предпосылках к объективному разделению рассматриваемых классов циркуляции. В таблице 1, в качестве примера, приведены результаты расчетов по Санкт-Петербургу.

Таблица 1

Одномерные характеристики распределений исходных и производных характеристик приземного барического поля (Санкт-Петербург)

Класс	Х-ка	$\Delta P_з$	$\Delta P_м$	$\Delta P_{сз}$	$\Delta P_{юз}$	$\nabla^2 P_4$	$\nabla^2 P_8$	$D_з$	$D_м$	$D_{сз}$	$D_{юз}$
1	Средн.	0,03	-0,11	-0,38	-0,05	-0,17	0,31	-0,92	0,52	-0,23	4,50
	Ст.откл.	0,66	0,63	1,07	0,82	5,35	13,14	2,73	7,11	3,13	18,9
2	Средн.	-0,002	-0,39	0,42	0,33	7,47	16,68	0,49	0,41	7,28	-1,97
	Ст.откл.	0,86	1,12	0,90	1,37	15,34	32,90	1,65	35,7	35,49	12,3
3	Средн.	-0,18	0,04	-0,26	0,02	-5,42	-14,0	1,61	1,47	0,87	0,02
	Ст.откл.	0,78	0,77	1,00	0,86	5,15	12,33	3,23	4,62	1,49	2,18

Для более детального анализа однородности (неоднородности) характеристик поля приземного давления по классам циркуляции были рассчитаны критерии Фишера и Стьюдента проверки гипотез о равенстве дисперсий и средних значений распределений.

Из анализа рассчитанных критериев было установлено, что наибольшие отличия наблюдаются при сравнении значений лапласианов давления (особенно рассчитанных по 9 точкам). Для дисперсий распределений показательными также дисперсии значений дивергенции.

Как и следовало ожидать, классы с выраженной циркуляцией имеют наибольшие отличия. Хуже показатели «разделяемости» случаев выраженных и невыраженных классов циркуляции, особенно для малоградиентных полей пониженного давления.

Исходя из полученных результатов, был проведен численный эксперимент по объективному определению класса синоптической циркуляции на основе дискриминантного анализа (метод эталонов).

Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2

Таблица сопряженности объективной классификации синоптического положения (Санкт-Петербург)

Класс	Расчет			Всего
Факт	1	2	3	
1	25	7	4	36
2	14	44	4	62
3	7	2	33	42
Всего	46	53	41	140

Как следует из полученных данных правильная классификация (соответствующая данным, определенным методом экспертных оценок) для Санкт-Петербурга составила 72,9% случаев. Аналогичные данные были получены и для других пунктов: Москва – 78,4%, Воронеж – 74,7, Ростов-на-Дону – 71,1%.

Заключение

С учетом того, что классификация проводилась по ограниченным исходным данным (только характеристики приземного барического поля), полученные результаты можно считать приемлемыми для практического использования представленной методики.

Обращает на себя внимание увеличение количества классов с нейтральной циркуляцией при объективной классификации, что может служить предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. Назаренко А.В. О классификации синоптических ситуаций. Межвузовский сборник научно-методических трудов. – Воронеж: ВАИИ, 2002. – С.15-22.

2. Глебова С.Ю. Классификация атмосферных процессов над дальневосточными морями // Метеорология и гидрология. 2002. № 6. С. 5-15.

3. Дьяков С.А. Типизация синоптических ситуаций по условиям, влияющим на накопление или рассеивание антропогенных веществ в атмосфере / С.А. Дьяков, А.В. Назаренко // Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления

рисками: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. - Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2004. – С. 39-41.

4. Vorobyev V. I., Tarakanov G. G. Introduction to synoptic meteorology. – СПб. Изд. РГГМУ, 2005. – 40 pp.

Особенности синхронизации в системе связанных осцилляторов Ван дер Поля с гистерезисным звеном

О. О. Решетова, email:tribunskih1993@mail.ru
А. В. Толкачев, email: tolkachev.akim@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Работа посвящена изучению системы связанных осцилляторов ван дер Поля. Исследованы режимы поведения систем в условиях наличия и отсутствия гистерезисного блока. Установлены значения параметров, соответствующие внешней и внутренней синхронизации системы.*

Ключевые слова: *система осцилляторов Ван дер Поля, модель Боука-Вена, синхронизация.*

Введение

Система двух диссипативно связанных осцилляторов ван дер Поля является одной из фундаментальных задач теории колебаний и нелинейной динамики, так как позволяет описать возникновения автоколебаний через бифуркацию Андронова–Хопфа, а также возможность появления квазигармонических и релаксационных колебаний. Также система связанных осцилляторов ван дер Поля, является одной из базовых моделей, позволяющих иллюстрировать явление синхронизации [1].

Изучению систем связанных осцилляторов Ван дер Поля посвящено большое количество работ, так как явление синхронизации автоколебаний встречается как в технических системах (преимущественно синхронизация внешним воздействием), так и в биологических и экономических системах. Отметим классические работы, посвященные теории синхронизации периодических автоколебаний [2], а также работы посвященные синхронизации квазипериодических колебаний [3-4].

К настоящему времени проблема синхронизации автоколебательных систем, содержащих звенья гистерезисной природы, практически не рассматривалась. Однако были рассмотрены иные автоколебательные системы [5-9], включающие звенья гистерезисной природы, для которых была установлена регуляризирующая роль гистерезисного звена. В связи с этим, в настоящей работе изучаются

© Решетова О.О., Толкачев А.В., 2020

различные системы связанных осцилляторов ван дер Поля, в условиях наличия нелинейных блоков гистерезисной природы.

1. Аналитическое решение для систем связанных осцилляторов ван дер Поля

Рассмотрим две системы связанных осцилляторов ван дер Поля, в условиях наличия и отсутствия гистерезисного блока. Система (1) описывается посредством следующих соотношений:

$$\begin{cases} \ddot{x} - \mu(1-\lambda x^2)\dot{x} + \omega_1^2 x = B\omega_1^2 \cos(\omega_v t) \\ \ddot{y} - \mu(1-\lambda y^2)\dot{y} + \omega_2^2 y = \nu x \end{cases} \quad (1)$$

где μ и $\lambda = 1/\mu$ – управляющие параметры, ω_1 и ω_2 – частота собственных колебаний осцилляторов, ω_v – частота внешнего сигнала, B – его амплитуда, ν - параметр связи между осцилляторами.

Система (2) описывает связанные осцилляторы ван дер Поля, в условиях периодического внешнего воздействия, а также наличия гистерезисного блока, формализованного посредством модели Боука-Вена. Начальные и граничные условия определены аналогично с системой (1).

$$\begin{cases} \ddot{x} - \mu(1-\lambda x^2)\dot{x} + \omega_1^2 x = B\omega_1^2 \cos(\omega_v t) + b\Phi_{BW}(x,t) \\ \ddot{y} - \mu(1-\lambda y^2)\dot{y} + \omega_2^2 y = \nu x \end{cases} \quad (2)$$

Феноменологическая модель Боука-Вена определяется соотношениями [10]:

$$\begin{aligned} \Phi_{BW}(x,t) &= \alpha x(t) + (1-\alpha)Dz(t), \\ \dot{z}(t) &= A\dot{x}(t) - \beta\left|\dot{x}(t)\right|\left|z(t)\right|^{n-1} z(t) - \gamma\dot{x}(t)\left|z(t)\right|^n, \end{aligned} \quad (3)$$

в которых, $x(t)$ – вход, а $z(t)$ – выход, параметры A, β, n, γ, отвечающие за определение формы гистерезисной петли.

Для исследования синхронизации системы (1) и (2), пользуясь методом малого параметра, получим их аналитические решения. Стоит отметить, что осциллятор x будет являться ведущим, а y ведомым.

Решение уравнений будем искать в виде: $x = A_1\cos(\omega t + \varphi_1)$, $y = A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$, где $\omega = (\omega_1 + \omega_2)/2$, а $A_{1,2}, \varphi_{1,2}$ –медленно меняющиеся функции времени.

Соотношения для амплитуды и фазы первого осциллятора системы (1) были получены ранее [5], а именно:

$$\dot{A} = -\frac{\omega_1 B}{2}\sin\varphi_1 + A_1\left(\frac{\mu}{2} - \frac{A_1^2}{8}\right), \dot{\varphi} = \Delta - \frac{\omega_1 B}{2A_1}\cos\varphi_1 . \quad (4)$$

Для осциллятора y в системе (1), при условии что $\Phi = \varphi_1 - \varphi_2$ получим:

$$\dot{A}_2 = A_2\left(\frac{\mu}{2} - \frac{A_2^2}{8}\right) - \frac{\nu A_1}{2\omega}\sin\Phi , \dot{\varphi}_2 = -\frac{\Delta}{2} + \frac{\nu A_1}{2\omega A_2}\cos\Phi . \quad (5)$$

Таким образом, после ряда преобразований, в синхронном режиме, получим уравнение зависимости между амплитудами решений осциллятора x и y:

$$\left(\frac{A_2\omega\mu}{\nu A_1}\left(1 - \frac{A_2^2}{4\mu}\right)\right)^2 + \left(\frac{\Delta A_2\omega}{\nu A_1}\right)^2 = 1 . \quad (6)$$

Далее получим соотношения для системы (2), для этого представим правую часть первого уравнения как:

$$F(t) = B\omega_1^2\cos(\omega_v t) + b\Phi_{BW}(x,t)$$

и предполагая, что гистерезисный оператор Боука-Вена применен исключительно к нулевому решению $x = A_1\cos(\omega t + \varphi_1)$, воспользуемся методом гармонического баланса [11] и запишем первую гармонику разложение в ряд Фурье выхода оператора Боука-Вена. Тогда уравнения, для определения амплитуды и фазы колебаний примут вид:

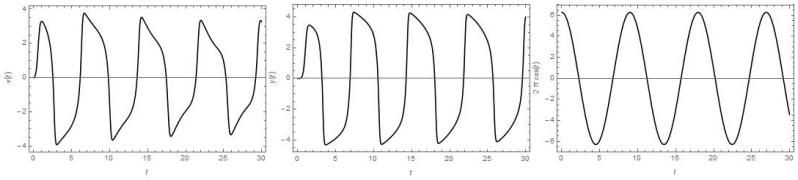
$$\dot{A}_1 = -\frac{\omega_1^2 B + b_1}{2\omega_1}\sin\varphi_1 + A_1\left(\frac{\mu}{2} - \frac{A_1^2}{8}\right), \ \dot{\varphi}_1 = \Delta - \frac{\omega_1^2 B + a_1}{2\omega_1 A_1}\cos\varphi_1 . \quad (7)$$

Так как гистерезисный блок входит только в первое уравнение системы (2), то для осциллятора y будут справедливы соотношения (6), с учетом новых значений для A_1 и φ_1.

2. Явление синхронизации в системах связанных осцилляторов ван дер Поля

В рамках классической теории различают вынужденную синхронизацию, т.е. синхронизацию автоколебаний внешним сигналом, и взаимную синхронизацию, наблюдающуюся при взаимодействии двух и более автоколебательных систем. Далее для системы (1) и (2) будет проведено численное исследование параметров, при которых

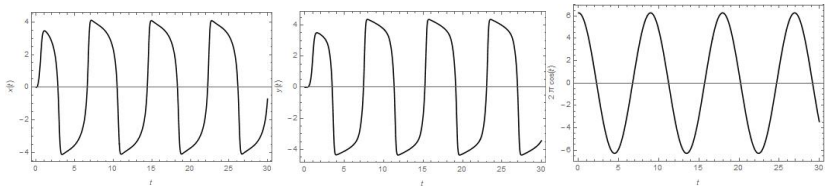
наблюдается явление синхронизации, а также будет изучено влияние гистерезисного блока на «захват» собственных частот колебаний.



а б в

а – динамика осциллятора x , б – динамика осциллятора y , в – внешнее периодическое воздействие

Рис. 1. Динамика осцилляторов x и y системы (1) при значении параметров $\mu = 3.4$, $\omega_1^2 = \omega_2^2 = \pi$, $\nu = 2.6$, $B = 2$, $\omega_v = 0.8$



а б в

а – динамика осциллятора x , б – динамика осциллятора y , в – внешнее периодическое воздействие

Рис. 2. Динамика осцилляторов x и y системы (2) при значении параметров $\mu = 3.4$, $\omega_1^2 = \omega_2^2 = \pi$, $\nu = 2.6$, $B = 2$, $b = 1.7$, $\omega_v = 0.8$

Выше приведены графики динамики поведения осцилляторов x и y в системах (1) и (2), рисунок (1) и (2) соответственно, при указанных значениях параметров. Как видно из рисунков, наблюдается как взаимная синхронизация осцилляторов x и y по частоте и амплитуде колебаний, так и вынужденная синхронизация осцилляторов по частоте с внешним воздействием.

Отметим интервал значений частоты внешнего воздействия для системы (1), при котором происходит «захват» частоты. Взаимная синхронизация осцилляторов x и y происходит, при значении $\omega_v \in [0.7, 1.7]$, а вынужденная синхронизация при $\omega_v \in [0.7, 1.3]$. В системе (2) взаимная синхронизация осцилляторов происходит, в случае если частота внешнего воздействия принадлежат интервалу $\omega_v \in [0.8, 1.8]$, вынужденной синхронизации соответствует интервал $\omega_v \in [0.8, 1.1]$. Опишем параметры, оказывающие существенное влияние на полосу синхронизации осцилляторов. Удалось установить, что с увеличением параметра линейной связи ν, полоса синхронизации становится значительно уже, при $\nu = 3.6$ взаимная синхронизация осцилляторов в системе (1) происходит при $\omega_v \in [0.7, 1.4]$, а вынужденная синхронизация при $\omega_v \in [0.7, 0.9]$. А для системы (2) $\omega_v \in [0.8, 1.3]$ и $\omega_v \in [0.8, 1]$ соответственно. Параметр перед гистерезисным звеном напротив, оказывает регуляризирующее воздействие. Так при увеличении параметра от $b = 1.7$ до $b = 3$ в системе (2), полоса внутренней синхронизации увеличивается до $\omega_v \in [0.4, 1.8]$, однако интервал синхронизации с частотой внешнего воздействия не увеличивается, а только смещается, до значений $\omega_v \in [0.6, 0.8]$.

Объяснить полученные результаты можно следующим способом: правая часть первого уравнения системы (2) является суммой гармонического внешнего воздействия и гистерезисного звена, а значит, на вход гистерезисного блока подается сигнал, который также представляет собой сумму, состоящую из собственных колебаний системы и отклика системы на внешнее периодическое воздействие. Синхронизация с внешним воздействием представляется затруднительной, в силу того, что система (2) обладает собственными сильными колебаниями, имеющими определенный период, но “неправильную” форму. В том случае, когда спектральные характеристики собственных колебаний имеют ярко выраженную доминирующую частоту, происходит синхронизация (выход гистерезисного преобразователя имеет близкую частоту). Ниже приводится спектр выхода гистерезисного преобразователя в зависимости от различных значений параметров ω_v.

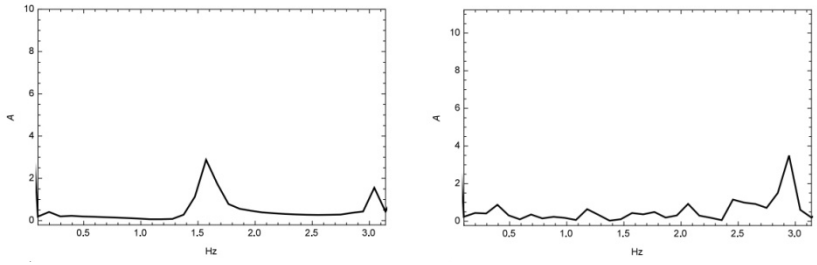


Рис. 3. Спектральная характеристика выхода гистерезисного преобразователя в уравнении (2) при значениях параметра принадлежащих интервалу синхронизации $\omega_v = 0.8$ (слева) и при значениях параметра не принадлежащих интервалу синхронизации $\omega_v = 1.9$ (справа)

Заключение

В работе рассматривались две системы связанных осцилляторов ван дер Поля, с гистерезисным блоком в правой части первого уравнения и без. Было описано аналитическое решение систем посредством использования метода малого параметра. Были установлены интервалы частот, соответствующие внешней и внутренней синхронизации системы, а также было проанализировано влияние гистерезисного блока, как на внешнюю, так и на внутреннюю синхронизацию.

Список литературы

1. The van der Pol oscillator under hysteretic control: regular and chaotic dynamics / M.E. Semenov [and etc.] // Journal of Physics: Conference Series .— London, 2019 .— V. 1368. - P. 042030 (8 pp.) .

2. Андронов, А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин ; ред. Н.А. Железцов. – 2-е изд. – Москва : Наука, 1981. – 914 с.

3. Кузнецов С. П. Динамический хаос и однородно гиперболические аттракторы: от математики к физике // УФН. –2011. – №181:2. – С. 121–149.

4. Ланда, П.С. Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы. М.: Наука, 1980.

5. Семенов, М.Е. Неограниченные и диссипативные колебания в системах с релейными нелинейностями / М.Е. Семенов, П.А. Мелешенко, О.О. Решетова // Воронежского государственного университета: Физика. Математика. –2018. –№3. – С. 159 –171.

6. Semenov M. E. Coupled Inverted Pendulums : Stabilization Problem / M. E. Semenov [and etc.] // Archive of Applied Mechanics (Ingenieur Archiv) .— Heidelberg, 2018 .— Vol. 88, N 4. - P. 517-524 .

7. Стабилизация обратного гибкого маятника с гистерезисными свойствами / М. Е. Семенов, М. Г. Матвеев, Г. Н. Лебедев, А. М. Соловьёв // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – № 8. – С. 516–525.

8. Динамика демпфирующего устройства на основе материала Ишлинского / М.Е. Семёнов [и др.] // Мехатроника, автоматизация, управление. –2019. –№ 20(2). –С.106-113.

9. Hysteretic nonlinearity and unbounded solutions in oscillating systems / A. M. Solovyov [and etc.] // Procedia Engineering. –2017. – Vol. 201. – Pp. 578–583.

10. Ikhouane, F. Dynamic properties of the hysteretic Bouc-Wen model / F. Ikhouane, V. Manosa, J. Rodellar // Systems & Control Letters. – 2007. –V. 56. –P. 197–205.

11. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. II. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления. / А. А. Воронов, Д. П. Ким, В. М. Лохин и др.; Под ред. А. А. Воронова.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1986.— 504 с.

Алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости в адаптивных сетях радиосвязи

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Предложен алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости, позволяющий производить оценку электромагнитной совместимости радиосредств декаметрового диапазона при их интеграции в адаптивные автоматизированные сети.*

Ключевые слова: *электромагнитная совместимость, коэффициент подавления, декаметровая радиосвязь, станционные помехи*

Введение

Современные авиационные комплексы являются технически сложными системами, требующими для их безопасной эксплуатации, концентрации в районах аэродромов большого количества радиоэлектронных комплексов и систем (связи, радиотехнического обеспечения полетов, автоматизированных систем управления и др.).

Такие комплексы и системы по принципу действия создают электрические, магнитные и электромагнитные поля и электрические сигналы, распространяющиеся в пространстве или по электрическим цепям и способные создавать непреднамеренные помехи другим радиоэлектронным средствам (РЭС). При этом большой уровень непреднамеренных помех создается средствами радиосвязи, предназначенными для управления авиацией.

В настоящее время средства авиационной радиосвязи объединяются в адаптивные сети, обеспечивающие обмен разнородной информацией между воздушными судами и наземными пунктами управления. При этом важнейшей задачей, решаемых в ходе развертывания и эксплуатации сетей радиосвязи, является задача обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), которая предусматривает способность средств радиосвязи функционировать с требуемым качеством при воздействии непреднамеренных радиопомех (НРП) и не создавать недопустимых помех другим РЭС [1].

Повышение требований к ЭМС РЭС обуславливает необходимость дальнейшего развития научно-методического аппарата оценки ЭМС,

© Рябов А. В., 2020

совершенствования на его основе существующих, и разработки новых методов обеспечения ЭМС. Это в свою очередь требует разработки алгоритмов расчета показателей ЭМС.

1. Выбор показателей электромагнитной совместимости

Оценка обеспечения ЭМС, как правило, осуществляется методами парной, групповой и комплексной оценки в следующей последовательности [1, 2]:

оценка помеховой обстановки;

оценка качества функционирования отдельных РЭС;

оценка качества функционирования совокупности РЭС при комплексной оценке;

непосредственная оценка обеспечения ЭМС.

Помеховая обстановка оценивается путем выявления потенциально несовместимых РЭС, расчетом энергетических характеристик НРП, воздействующих на приемные устройства РЭС, а также расчетом вероятностных характеристик радиопомех [1, 2].

Потенциально несовместимые РЭС выявляются путем частотного анализа каждой пары РЭС с целью определения источников (передатчиков) и рецепторов (приемников) НРП, а также каналов их проникновения [2].

Расчет энергетических характеристик НРП предусматривает определение либо плотности потока мощности помехи в месте расположения антенны РЭС, либо мощности НРП на входе приемника РЭС с учетом проникновения радиопомехи через антенну [2].

Вероятностную оценку помеховой обстановки производят для условий со случайными факторами возникновения помех. При этом кроме возможных значений мощности НРП рассчитывают значения вероятностей частотного p^f, пространственного p^θ и временного p^t совпадений сигнала и НРП [1].

Основой любой оценки ЭМС является парная детерминированная оценка влияния НРП, создаваемой радиопередающим устройством (РПдУ), на функционирование радиоприемного устройства (РПУ).

Таким образом, исходя из методов анализа ЭМС, можно выделить три группы показателей ЭМС – частотные, энергетические и вероятностные.

Особенностью системы авиационной радиосвязи является расположение средств радиосвязи, являющихся источниками и рецепторами НРП, как на поверхности Земли (наземные ПУ, аппаратные связи), так и на борту воздушных судов (бортовые РЭС). При этом наибольший вклад в помеховую обстановку вносят станционные помехи средств декаметровой (ДКМ) радиосвязи. Это обусловлено особенностями

ДКМ диапазона и, связанной с ними, относительно большой мощностью излучаемой мощности (100…1000 Вт и более) при использовании близких оптимальных рабочих частот несколькими радиостанциями, расположенными в пределах радиодоступности друг друга [3].

Далее рассмотрим частотные и энергетические показатели ЭМС, позволяющие оценить уровень станционных помех в адаптивных сетях радиосвязи и обосновать методы их минимизации.

Факт частотных совпадений рассматриваемой пары РЭС определяется путем поиска каналов воздействия НРП, проходящих на вход РПУ при выполнении неравенства [1]

$$\left| k \cdot f_{\text{РПдУ}} - f_{\text{пк}} \right| \le 0{,}5 \cdot \left[\Delta f_{\text{РПдУ}_x}(\kappa, m) + \Delta f_{\text{РПУ}_x} \right], \qquad (1)$$

где $k = 1, 2, 3, \ldots k_{\max}$ – порядковый номер гармоники несущей частоты РПдУ; $f_{\text{РПдУ}}$ – несущая частота РПдУ; $\Delta f_{\text{РПдУ}_x}(\kappa, m)$ – полоса радиоизлучения РЭС на k-й гармонике и уровне x [дБ] при образовании m-го побочного канала приема; $\Delta f_{\text{РПУ}_x}$ – полоса пропускания усилителя промежуточной частоты РПУ РЭС на уровне x [дБ]; $f_{\text{пк}}$ – частота побочного канала приема.

Частота побочного канала при однократном преобразовании в РПУ может быть определена по формуле [1]:

$$f_{\text{пк}} = \left| \frac{n_{\text{г}} \cdot f_{РПУ} + \eta_{\text{г}} \cdot f_{\text{пч}}^{(1)} \cdot (n_{\text{г}} - \eta_{\text{г}} \cdot \upsilon)}{m} \right|, \qquad (2)$$

где $m = 1, 2, \ldots, m_{\max}$ – порядковый номер побочного канала; $n_{\text{г}} = 1, 2, \ldots, n_{\text{г max}}$ – порядковый номер гармоники частоты гетеродина; $f_{РПУ}$ – несущая частота РПУ РЭС; $\eta_{\text{г}}$ – признак настройки гетеродина РПУ ($\eta_{\text{г}} = 1$ при верхней настройке; $\eta_{\text{г}} = -1$ при нижней настройке); υ – признак зеркального канала приема при $n_{\text{г}} = 1$ ($\upsilon = 1$ при нижней настройке гетеродина; $\upsilon = -1$ при верхней настройке гетеродина).

При многократном преобразовании частота $f_{\text{пч}}$ определяется как [1]:

$$f_{\text{пк}} = \left| \frac{n_{\text{г}\,x} \cdot f_{\text{г}}^{(x)} \pm f_{\text{пч}}^{(x)}}{m_1 \cdot m_2 \cdot \ldots \cdot m_x} + \frac{n_{\text{г}\,x-1} \cdot f_{\text{г}}^{(x-1)}}{m_1 \cdot m_2 \cdot \ldots \cdot m_{x-1}} + \ldots + \frac{n_{\text{г}\,1} \cdot f_{\text{г}}^{(1)}}{m_1} \right| \qquad (3)$$

где $f_{\text{г}}^{(x)}$ – частота x-го гетеродина; $f_{\text{пч}}^{x}$ – x-я промежуточная частота.

При размещении РЭС на удалениях от нескольких до десятков километров, что соответствует практике разнесения ДКМ радиостанций, можно ограничиться учетом преобразования частот на первой промежуточной частоте. При таких условиях частоты $f_{\text{пк}}$ и частота зеркального канала приема $f_{\text{зкп}}$ определяются по формулам [1]:

$$f_{\text{пк}} = \left| n_{\text{г}} \cdot f_{\text{г}} \pm f_{\text{пч}}^{(1)} \right|, \quad \text{при } n_{\text{г}} = 2, 3, ..., n_{\text{г max}}; \tag{4}$$

$$f_{\text{зкп}} = f_{\text{г}} + f_{\text{пч}}^{(1)} \cdot \eta, \quad \text{при } n_{\text{г}} = 1. \tag{5}$$

Расчет энергетических характеристик НРП, определяющих помеховую обстановку в любой точке пространства, предусматривает определение ее плотности потока мощности в точке расположения антенны либо мощности НРП на входе РПУ.

В качестве энергетических показателей ЭМС используют, как правило, величину защитного отношения сигнал/помеха $K_{з}$, либо коэффициент подавления приемника $K_{\text{п}}$ мешающим излучением передатчика радиостанции, работающей на близких частотах [2]:

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{K_{з}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} P_{\text{нп}\,i}}{P_{\text{с}}}. \tag{6}$$

где $P_{\text{с}}$ – мощность полезного сигнала на входе РПУ; $P_{\text{нп}\,i}$ – мощность непреднамеренной помехи на входе РПУ, обусловленной работой других РЭС на близких частотах (источников помех); N – количество РЭС, работающих на близких частотах.

В большинстве случаев используется пороговая оценка ЭМС, когда уровень непреднамеренных радиопомех (НРП) сравнивается с допустимым уровнем [2].

Теоретические результаты оценки ЭМС целесообразно увязать с эксплуатационными характеристиками радиоприемников. Из большого разнообразия используемых в настоящее время характеристик наиболее приемлемыми являются: показатели артикуляции – для радиотелефонных систем; вероятность ошибок или степень искажения кодовых комбинаций – для дискретных и цифровых систем.

Для оценки ЭМС РЭС чаще используются значения уровней полезного сигнала, соответствующие реальной чувствительности радиоприемника [2]. В тактико-технических характеристиках (ТТХ) на РПУ приводятся данные по чувствительности на его входе.

При оценке ЭМС без задания порогового (допустимого) уровня НРП, расчет коэффициента подавления приемника осуществляется с использованием коэффициентов K_j, характеризующих условия применения РЭС и удовлетворяющих соотношению $K_j \le 1$ [2].

При этом выражение (1) приобретает вид:

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{K_{\text{з}}} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(P_{\text{нп}\,i} \cdot \prod_{j=1}^{M} K_j\right)}{P_{\text{с}}}, \qquad (7)$$

где M – количество учитываемых коэффициентов.

В число коэффициентов K_j обычно включают:

K_1 – коэффициент ослабления НРП на трассе распространения радиоволн от источника до рецептора помех относительно свободного пространства;

K_2 – коэффициент ослабления НРП при побочном излучении;

K_3 – коэффициент ослабления НРП из-за несовпадения ориентации диаграмм направленности антенны РПдУ и РПУ;

K_4 – коэффициент ослабления НРП за счет несовпадения поляризаций;

K_5 – коэффициент ослабления НРП при приеме по побочным (зеркальным) каналам приема;

K_6 – коэффициент ослабления НРП за счет частотного разноса $\Delta f = \left| f_{\text{пк}} - f_{\text{РПдУ}} \right|$.

Наличие в выражении (7) совокупности коэффициентов позволяет учесть большинство характеристик и факторов, влияющих на обеспечение ЭМС РЭС. При необходимости число коэффициентов ослабления может быть увеличено, если этого требует решение задачи оценки ЭМС.

Анализ выражений (1) – (7) позволяет определить основные методы повышения ЭМС сетей авиационной радиосвязи на основе оптимизации частотных и энергетических показателей.

2. Алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости

Алгоритм расчета показателей ЭМС включает в себя два последовательных этапа: расчет частотных показателей и расчет энергетических показателей.

На первом этапе, на основе решения неравенства (1), с учетом выражений (2) – (5), определяются сочетания $k = k'$, $n_{\text{г}} = n_{\text{г}}'$, $m = m'$, при которых возможно проникновение НРП на вход РПУ. При этом значения k', $n_{\text{г}}'$, m' будут характеризовать каналы проникновения помех на вход радиоприемника.

На втором этапе производится расчет коэффициента подавления $K_{\text{п}}$ (6), (7) и анализа его зависимости от входящих в него показателей.

В выражениях (6), (7) отличительные особенности между полезным и помеховым сигналом заключаются в частоте, виде сигнала (модуляции), способе его кодирования, направлении прихода радиоволны и ее поляризации, а также в особенностях распространения радиоволн (расстояние между радиостанциями, тип волны, количество скачков на трассе, уровень замираний и т.д.).

В силу избирательных свойств антенны и собственно приемника, большая часть помеховых сигналов отфильтровывается. Однако, в силу особенностей декаметрового диапазона [3], оптимальные рабочие частоты для радиостанций, находящихся примерно в одинаковых географических условиях, могут быть близкими или совпадать. Сигналы от таких радиостанций, попадая на вход приемника, которому они не предназначены, являются для него станционными помехами, и, повышая уровень шумов на выходе его детектора, снижают отношение сигнал/помеха, а, следовательно, помехоустойчивость рассматриваемой линии связи.

Наиболее вероятным является случай работы двух ДКМ радиолиний на близких частотах. При этом сигнал одной радиостанции является помехой для другой и не может быть отфильтрован за счет избирательных свойств приемника. В этом случае выражение (7) принимает вид:

$$K_{\text{п}} = \frac{P_{\text{сп}\,i} \cdot \prod_{j=1}^{M} K_j}{P_{\text{с}}}. \qquad (8)$$

где $P_{\text{сп}\,i}$ – уровень мощности станционной помехи в точке приема.

Для расчета уровней мощности полезного сигнала воспользуемся первым уравнением передачи [4]:

$$P_c = \frac{P_{\text{пер}} \cdot G_{\text{А пер}} \cdot G_{\text{А пр}} \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot L^2 \cdot W_{\text{с}} \cdot W_{\text{пр с}}}, \qquad (9)$$

где $P_{\text{пер}}$ – мощность передатчика линии связи; $G_{\text{А пер}}$, $G_{\text{А пр}}$ – коэффициенты усиления передающей и приемной антенны линии связи в направлении друг на друга; λ – длина волны; L – расстояние между передатчиком и приемником лини связи; $W_{\text{с}}$ – коэффициент учитывающие дополнительные потери сигнала в канале связи сверх потерь при распространении его в свободном пространстве; $W_{\text{пр с}}$ – коэффициент, учитывающий потери сигнала в приемнике линии связи.

$$W_{\text{пр с}} = \left(\eta_{\text{ф пер}} \cdot \eta_{\text{ф пр}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{с}}\right)^{-1}, \tag{10}$$

где $\eta_{\text{ф пер}}$, $\eta_{\text{ф пр}}$ – коэффициенты полезного действия (КПД) передающего и приемного фидеров; $\eta_{\text{п}}$ – коэффициент согласования антенн с радиосигналом по поляризации; $\eta_{\text{с}}$ – коэффициент согласования приемника с антенной.

Расчет уровня мощности станционной помехи будем производить аналогично:

$$P_{\text{сп}} = \frac{P_{\text{пер}\,i} \cdot G_{\text{А пер}\,i} \cdot G_{\text{А пр}\,i} \cdot \lambda_i^2}{16\pi^2 \cdot L_i^2 \cdot W_{\text{сп}\,i} \cdot W_{\text{пр}\ i}} \tag{11}$$

где $P_{\text{пер}\,i}$ – мощность передатчика источника станционной помехи; $G_{\text{А пер}\,i}$ – коэффициент усиления антенны передатчика источника станционной помехи в направлении на подавляемый приемник; $G_{\text{А пр}\,i}$ – коэффициент усиления антенны приемника линии связи в направлении на передатчик источника станционной помехи; L_i – расстояние между источником станционной помехи и приемником лини связи; $W_{\text{сп}\,i}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные потери помехового сигнала в канале связи сверх потерь при распространении его в свободном пространстве; $W_{\text{пр}\ i}$ – коэффициент, учитывающий потери помехового сигнала в приемнике линии связи.

Как правило, потери сигнала в приемниках одинаковых радиостанций приблизительно равны: $W_{\text{пр}} \approx W_{\text{пр}\ i}$. Тогда выражение (8), с учетом (9) – (11) преобразуем к виду:

$$K_{\text{п}} = \frac{P_{\text{прд}\,i} \cdot G_{\text{А пер}\,i} \cdot G_{\text{А пр}\,i} \cdot \lambda_i^2 \cdot L^2 \cdot W_{\text{пр с}}}{P_{\text{пер с}} \cdot G_{\text{А пер}} \cdot G_{\text{А пр}} \cdot \lambda^2 \cdot L_i^2 \cdot W_{\text{пр нп}\,i}} \cdot \prod_{j=1}^{M} K_j. \tag{12}$$

Выражение (12) позволяет рассчитать коэффициент подавления линии связи станционной помехой в сетях ДКМ радиосвязи. Кроме того, анализ данного выражения позволяет обосновать методы снижения станционных помех на основе частотной адаптации, применения антенн с высокими направленными свойствами при минимизации мощности излучения РПдУ, а также повышения избирательности РПУ.

Разработанный алгоритм позволяет произвести сравнительную оценку ЭМС существующих сетей радиосвязи и сетей с адаптивным управлением структурным и параметрическим ресурсом на основе последовательного расчета частных показателей, входящих в выражения (1) и (12).

Заключение

Предложенный алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости в адаптивных сетях радиосвязи, позволяет провести сравнительную оценку адаптивных сетей радиосвязи при использовании различных методов обеспечения электромагнитной совместимости.

Алгоритм может быть использован как при проектировании адаптивных сетей радиосвязи, так и при обосновании методов повышения электромагнитной совместимости существующих линий ДКМ радиосвязи при их интеграции в адаптивные радиосети.

Список литературы

1. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Ю. А. Феоктистов [и др.]; Под ред. Ю. А. Феоктистова. – М.: Радио и связь, 1988. – 480 с.

2. Уайт Д. Р. Ж. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. / Д. Р. Ж. Уайт; Пер. с англ. под ред. А. И. Сапгира. – М.: Сов. радио, 1977. – 240 с.

3. Головин О. В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О. В. Головин, С. П Простов – М.: Горячая линия.Телеком, 2006. – 598 с.

4. Манько В. Н. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в сетях декаметровой радиосвязи / В. Н. Манько, А. В. Рябов // Сб. статей Всероссийской ежегодной научной конференции «Актуальные проблемы вооруженной борьбы в воздушно-космической сфере» (9-10 апреля). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА» – 2015. –Часть IV.– С 319 – 322.

Плоское напряженное состояние закрепленной пластины с отверстием при кручении в ее плоскости

В.И. Ряжских, e-mail: ryazhskih_vi@mail.ru

А.В. Ряжских, В.А. Рябцев, e-mail: wlandrr@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В вариационной формулировке рассмотрено плоское напряженное состояние тонкой пластины с центральным отверстием, нагруженной моментом, перпендикулярным ее плоскости. Задача решается гибридным методом, использующим методы оптимизации, конечных элементов и конечных разностей.*

Ключевые слова: *Плоское напряженное состояние, пластина, поле напряжений, деформация кручением, гибридный метод, метод оптимизации, конечные элементы, метод конечных разностей.*

Ведение

Исследуется плоское напряженное состояние симметричной квадратной пластины с отверстием, нагруженной касательными напряжениями на контуре отверстия с положительной циркуляцией. Подобная задача возникает при передаче на пластину, закрепленную сваркой в нескольких точках внешнего контура, через жесткое цилиндрическое тело, скрепленное с пластиной сваркой или пайкой по контуру отверстия момента, перпендикулярного плоскости пластины. Ввиду косой симметрии воздействия на пластину рассмотрена ее четвертая часть (см. рисунок).

Пусть u, υ перемещения вдоль осей системы координат x, y, а $u_{,x}, u_{,y}, u_{,y}, \upsilon_{,x}$ частные производные перемещений по переменным x и y. Пусть деформации и напряжения в точке определяются матрицами

$$\hat{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \varepsilon_y & \varepsilon_{xy} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} u_{,x} & u_{,y} & u_{,y} + \upsilon_{,x} \end{bmatrix}^T, \quad \hat{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \sigma_y & \tau_{xy} \end{bmatrix}^T \qquad (1)$$

Пусть E, ν - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала пластины. Закон Гука для плоского напряженного состояния имеет вид

$$\hat{\sigma} = D\hat{\varepsilon}, \qquad (2)$$

© Ряжских В.И., Ряжских А.В., Рябцев В.А., 2020

где $D=\dfrac{E}{1-\nu^2}\begin{bmatrix}1 & \nu & 0\\ \nu & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0.5(1-\nu)\end{bmatrix}$ - матрица упругости.

Пусть $\overline{G}$ - область, занятая срединной плоскостью пластины в системе $x0y$ (рисунок) с границей S, G -открытое множество. Пусть на границе отверстия S_5 заданы перемещения по касательным к границе отверстия, а внешние края пластины закреплены в множестве узлов S_g, включающем узлы 1, 2, 10, 11, 12, 20, 21, 42, 210, 231, 246, 342, 353.

Граничные условия для рассматриваемой задачи, за исключением точек S_g, где $u=0$, $v=0$, имеют вид:

на S_1 $\sigma_y=0, \tau_{xy}=0$ или $\upsilon_{,y}+\nu u_{,x}=0$, $\varepsilon_{xy}=u_{,y}+\upsilon_{,x}=0$; (3)

на S_2 $\sigma_x=0, \tau_{xy}=0$ или $u_{,x}+\nu\upsilon_{,y}=0$, $\varepsilon_{xy}=u_{,y}+\upsilon_{,x}=0$. (4)

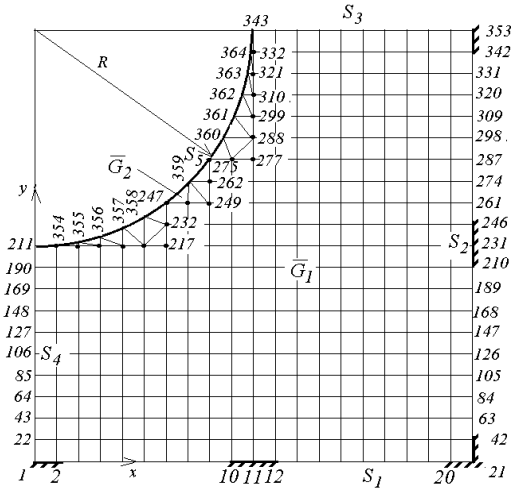


Рисунок. Схема дискретизации пластины

На контуре отверстия S_5 векторы перемещения точек направлены перпендикулярно радиусам, проведенным в эти точки из центра отверстия, и имеют модуль

$$\sqrt{u^2+\upsilon^2}=const \qquad (5)$$

В кососимметрично расположенных точках S_3 и S_4, следует ожидать совпадения ориентаций векторов полных перемещений и

напряжений относительно этих границ. Однако, просто описать эту особенность не удалось и поэтому на S_3, и S_4 граничные условия не ставились.

Гибридный метод описан в [1] и заключается в комплексном использовании в решении задач методов оптимизации, конечных элементов и конечных разностей. Преимущество гибридного метода заключается в использовании в простых прямоугольных областях вместо конечно – элементных соотношений конечно – разностных соотношений. Это позволяет значительно экономить потребную память ЭВМ. Гибридный метод сочетает удобства и устраняет недостатки указанных методов (подробно в [1]), в частности позволяет при оптимизации не учитывать естественные граничные условия для искомых функций. Применительно к данной задаче этот метод заключается в разделении области $\overline{G}$ на область $\overline{G}_1$ сравнительно простой формы (с границами, параллельными и перпендикулярными осям координат, в которой краевая задача аппроксимируется МКР, и область $\overline{G}_2$, примыкающую к сложной части границы $\overline{G}$, в которой используются конечные элементы. Это позволяет, хотя бы приближенно, воспроизвести криволинейную часть границы $\overline{G}$, и избежать проблем, связанных с использованием фиктивных узлов сетки. Область $\overline{G}_1$ может быть разбита на несколько более простых областей. Узлы КЕ на границе между $\overline{G}_1$ и $\overline{G}_2$ рекомендуется совмещать с узлами сетки. На границе $\overline{S}$ между $\overline{G}_1$ и $\overline{G}_2$, являющейся внутренней для $\overline{G}$, можно не ставить никаких граничных условий, поскольку вклад $\overline{S}$ в энергию системы равен нулю.

Энергия упругого деформирования пластины

$$U = 0.5\int_V \hat{\varepsilon}^T D\hat{\varepsilon} dV = U_1 + U_2, \qquad (6)$$

где V -объем пластины, U_1, U_2 - энергии частей пластины, соответствующих $\overline{G}_1$ и $\overline{G}_2$.

Область $\overline{G}_1$ заменяется системой l регулярно расположенных узлов с шагами h_x и h_y вдоль осей x и y, а производные перемещений в узлах $\overline{G}_1$ – широко известными конечно – разностными выражениями с точностью порядка h_x^2 или h_y^2. С учетом разностных выражений u_x и

u_y получается $U_1(\breve{w}_1) \cong \widetilde{U}_1(\breve{w}_1) = \breve{w}_1^T \widetilde{M}_1 \breve{w}_1$, где $\widetilde{M}_1$ - симметричная блочная матрица порядка $l \times l \times (2 \times 2)$ системы разностных уравнений, в которой неизвестными считаются величины перемещений всех узлов, покрывающих $\overline{G}_1$, в том числе и граничных и входящих в КЭ, $\breve{w}_1$ - блочная матрица узловых перемещений порядка $l \times (2 \times 1)$.

Градиент $\widetilde{U}_1$ в точке $\breve{w}_1$ определяется по формуле $grad\widetilde{U}_1 = 2\widetilde{M}_1 \breve{w}_1$.

Для вычисления U_2 МКЭ в области $\overline{G}_2$ используется простейший треугольный элемент с узлами в вершинах [3].

Если $u_k\ (k = i, j, m)$ - некоторые перемещения узлов КЭ с локальными номерами 1,2,3, соответствующими глобальным номерам узлов i, j, m, то перемещение точки КЭ с координатами x и y представляется в виде линейной по x и y функции $\widetilde{u} = \hat{N}\hat{u} = [N_1, N_2, N_3]^T [u_i, u_j, u_m]^T$, где $N_{(..)}$ - функции формы КЭ; $\hat{u} = [u_1, u_2, u_3]^T$ - матрица-столбец соответствующих перемещений.

Если $\hat{w} = [u_i \quad \upsilon_i \quad u_j \quad \upsilon_j \quad u_m \quad \upsilon_m]^T$ - матрица узловых перемещений, то деформация в пределах КЭ определяется матрицей [3]

$$\hat{\varepsilon} = \begin{bmatrix} N_{i,x} & 0 & N_{j,x} & 0 & N_{m,x} & 0 \\ 0 & N_{i,x} & 0 & N_{j,x} & 0 & N_{m,x} \\ N_{i,y} & N_{i,y} & N_{j,y} & N_{j,y} & N_{m,y} & N_{m,y} \end{bmatrix}^T \overline{w} = B\overline{w}. \qquad (7)$$

Если p - номер КЭ, n - количество КЭ, а r - количество их узлов в $\overline{G}_2$, то при замене $\overline{G}_2$ системой КЭ U_2 заменяется функционалом

$$\widetilde{U}_2 = 0.5 \sum_{p=1}^{n} \hat{\varepsilon}_p{}^T \widetilde{D}_p \hat{\varepsilon}_p = 0.5 \sum_{p=1}^{n} \hat{w}_p{}^T B_p^T \widetilde{D}_p B_p \hat{w}_p = 0.5 \breve{w}_2^T \widetilde{M}_2 \breve{w}_2, \qquad (8)$$

где $\breve{w}_2$ - матрица узловых перемещений порядка $r \times (2 \times 1)$, $\widetilde{M}_2$ - блочная матрица жесткости ансамбля КЭ порядка $r \times r \times (2 \times 2)$.

Градиент функционала $\widetilde{U}_2$ в точке $\breve{w}_2$ определяется выражением $grad\widetilde{U}_2 = 2M_2 \breve{w}_2$.

Согласно [2], операторы U_1 и U_2 в $L_2(\overline{G}_1)$ $L_2(\overline{G}_2)$ положительны. Пусть k - общее количество узлов в $\overline{G}$, а M и - блочные симметричная матрица порядка $k \times k \times (2 \times 2)$ и матрица порядка $k \times (2 \times 1)$ для всей области $\overline{G}$, полученные распространением $\widetilde{M}_1$, $\widetilde{M}_2$, $\breve{w}_1$ и $\breve{w}_2$ на всю $\overline{G}$. Тогда $\widetilde{U} = \breve{w}^T M \breve{w}$, и вектор - градиент функционала $\widetilde{U}$ в точке $\breve{w}$ равен

$$grad\widetilde{U} = \hat{\widetilde{U}}_w = \partial\widetilde{U} / \partial\breve{w} = (2\breve{w}^T M)^T = 2M^T \breve{w}. \qquad (9)$$

Поскольку вторая вариация $\widetilde{U}$ по $\breve{w}$ положительна, $\widetilde{U}$ выпукл по $\breve{w}$ и, следовательно, имеет локальный минимум в $\overline{G}$. При минимизации $\widetilde{U}$ по $\breve{w}$ градиентными методами [4] требуется многократно вычислять $\widetilde{U}$ и его градиент $\hat{\widetilde{U}}_w$. При использовании гибридного метода можно не формировать матрицу M явно, поскольку вклады КЭ и узлов сетки в величину и градиент $\widetilde{U}$ можно определить на основании полученных выражений. Это значительно уменьшает объем потребной памяти для программы и позволяет решать задачи с количеством узлов порядка сотен даже на ПЭВМ без использования оверлейных методик.

Таблица 1

Результаты вычислений для S_3 и S_4

	N	43	85	127	148	169	190	211
u	0	9.3	21.4	41.5	58.3	68.1	92.3	100
υ	0	20.0	33.4	44.6	38.6	45.2	21.8	0
σ_x	11.507	-3.200	4.070	13.466	24.370	22.865	-85.013	-286.92
σ_y	237.42	299.342	240.210	-79.787	20.862	-330.071	-932.285	--931.760
N	353	351	349	347	346	345	344	343
u	0	20.0	33.4	44.6	38.6	45.2	21.8	0
υ	0	9.3	21.4	41.5	58.3	68.1	92.3	100
σ_x	-237.42	-299.342	-240.21	-79.787	-20.862	330.071	932.285	931.760
σ_y	-11.507	3.200	-4.070	-13.466	-24.370	-22.865	85.013	286.923

Для примера при ранее описанных граничных условиях и $\sqrt{u^2 + \upsilon^2} = 0.1мм$ на S_5 решена сформулированная выше задача для квадратной пластины толщиной 1 см со сторонами 10 см и отверстием в центре радиуса $R =$ 5 см при $E =$ 2*10^5 $МПа$, $\nu =$ 0.33.

Использовалось всего 28 КЭ и 364 узла, из которых 32 узла, входят в КЭ (11 входят только в КЭ, а 21 – являются общими узлами КЭ и сетки).

Таблица 2

Результаты вычислений для S_1 и S_2

N	1	2	6	10	11	12	16	20	21
u	0	0	2.8	0	0	0	0.7	0	0
υ	0	0	3.1	0	0	0	0.7	0	0
σ_x	11.507	127.078	-8.377	-37.745	3.875	21.817	-10.777	-5.650	3.903
σ_y	237.42	182.533	0	3.376	11.744	-26.567	0	-1.391	-3.903
N	353	342	298	246	231	210	126	42	21
u	0	0	3.1	0	0	0	-0.7	0	0
υ	0	0	2.8	0	0	0	0.7	0	0
σ_x	-237.42	-182.53	0	-3.376	-13.275	26.567	0	1.391	3.903
σ_y	-11.507	-127.08	8.377	37.745	-8.518	-21.818	10.777	5.650	3.903

Вычисления проводились по оригинальной программе на алгоритмическом языке TurboPascal 7.0. Функционал $\tilde{U}$ минимизировался методом инерционного спуска с проецированием градиента $\hat{\tilde{U}}_w$ на область $\overline{G}$ [4], то есть в точках S_5 и закрепленных точках S_1 - S_2 множества S_g соответствующие компоненты градиента полагались равными нулю. Вектор $\breve{w}$ определялся по итерационной формуле $\breve{w}_{i+1} = \breve{w}_i - t\hat{\tilde{U}}_{\breve{w}i}(\breve{w}_i) + \alpha(\breve{w}_i - \breve{w}_{i-1})$, где t шаг; α - в первом приближении заданная величина и изменяющаяся в процессе вычислений с учетом информации о величине $\tilde{U}_{wi}$ и различии направлений $\hat{\tilde{U}}_w(\breve{w}_i)$ и $\hat{\tilde{U}}_w(\breve{w}_{i-1})$.

Сложные граничные условия (3), (4) в свободных точках границ пластины удовлетворялись путем вычисления одной из производных, входящих в (3) или (4), и определения другой производной из этих же выражений.

В качестве начального приближения использовался вектор $\breve{w}_0$, удовлетворяющий граничным условиям для u и υ на S_5 и множестве S_g точек закрепления. В прочих точках u и υ принимались равными нулю.

Вычисления показали, что результат минимизации $\widetilde{U}$ слабо (в пределах вычислительных погрешностей) зависит от выбора $\breve{w}_0$. Скорость сходимости вычислений, зависела от величины перемещения на границе S_5 и α. При начальном $\alpha = 1$ решение получалось за 600-800 приближений за несколько минут в режиме диалога. Важно отметить, что в процессе оптимизации при монотонном убывании U величины U_1 и U_2 могут изменяться не монотонно.

В табл. 1 и 2, где N - номера узлов, приведены перемещения u и υ в мм (умноженные на 1000), и нормальные напряжения σ_x и σ_y в МПа. Как видно из результатов, представленных в таблицах, модули напряжений σ_x, σ_y и перемещений u и v на S_3 совпали с соответственно с модулями напряжений σ_y, σ_x и перемещений v и u на S_4 с точностью до погрешностей вычислений.

Список литературы

1. Ряжских, В.И. Об одном методе решения краевых задач с эллиптическими операторами / В. И. Ряжских, А. В.Ряжских, В. А Рябцев // ж. «Прикладная физика и математика». – 2018. №2, - с. 46-50. ООО Издательство "Научтехлитиздат", 2018.

2. Михлин С. Г. Вариационные методы в математической физике / С. Г. Михлин – М.: Наука, 1970. - 512 с.

3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. Перевод с английского / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 542 с.

4. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию / Б.Т. Поляк – М.: Наука, 1983. - 384 с.

Определение морфометрических характеристик поверхностных структур лимфоцитов на трехмерных изображениях клеток крови

К. К. Самхарадзе, email: koba2100@mail.ru [1]
В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru [1]

[1] Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. *Разработан метод, позволяющий определить основные морфометрические показатели поверхностных структур в виде глобулярных впадин и выступов на трехмерных изображениях клеток крови.*

Ключевые слова: *компьютерная система, трехмерные изображения, морфометрическое исследование, геометрические параметры, клеточная поверхность, глобулярные впадины, глобулярные выступы.*

Введение

На сегодняшний день применение компьютерных информационных технологий в медицине является неотъемлемой частью любого исследования в медицине. Программные средства помогают установить точный диагноз заболевания пациента и выявить существенные и трудно определяемые отклонения тех или иных показателей в его лабораторных анализах. Особенно это важно при исследовании наиболее трудноизлечимых и сложно диагностируемых заболеваний, к которым относится лейкоз.

Опасность данного заболевания заключается в том, что оно может развиваться как у детей, так и у людей пожилого возраста, а на ранней стадии диагностировать лейкоз очень сложно ввиду отсутствия явных симптомов и характерных признаков заболевания.

Для диагностики лейкоза используется не только анализ клинических данных, но и осуществляется оценка параметров клеток крови, полученных морфометрическим методом исследования. Этот метод подразумевает подсчет и измерение морфологических объектов, учете сведений о частоте появления каких-либо новых признаков этих объектов и их особенностей. Так как паталогический процесс развития опухолей связан с количественным изменением диаметра и объема структуры клетки, их количества на единицу объема и др., то

© Самхарадзе К. К., Михелев В. М., 2020

морфометрический метод исследования имеет большое практическое значение [1-4].

Быстрое и качественное получение необходимых для исследования данных обеспечивается использованием современных компьютерных технологий, в том числе специализированных компьютерных систем, способных осуществлять диагностику состояния организма человека на клеточном уровне.

1. Актуальность темы

Актуальность темы обусловлена развивающимся в последнее время интереса к изучению и исследованию динамики рельефа клеточной поверхности лимфоцита, как основного элемента крови, отвечающего за иммунитет организма.

При различных патологиях морфологические свойства лимфоцитов меняются. Поэтому исследование его поверхностной структуры позволит на более ранних стадиях заболевания получить характерные изменения структурно-функциональных свойств лимфоцитов, на основании которых можно будет разработать действенные терапевтические методы лечения [5, 6].

Так, с помощью технологий атомно-силовой микроскопии (АСМ) был исследован рельеф поверхности лимфоцитов в крови больных лейкозом, на котором обнаружены специфические структуры в виде глобулярных впадин и выступов. Кроме того, было обнаружено, что количество и размер этих глобулярных впадин и выступов-различается в зависимости от типа лейкоза. Также зафиксированы определенные изменения поверхности лимфоцитов больных лейкозом на стадии ремиссии после проведенного лечения. Данные исследования можно использовать не только для дифференциации нормальных лимфоцитов от злокачественных клеток, но и при оценке и прогнозировании степени и тяжести течения лимфопролиферативных заболеваний различных типов [7-11].

На сегодняшний день отсутствуют программные продукты, которые бы в полной мере способствовали более качественно проводить исследования рельефа поверхности лимфоцитов и определять изменения их поверхностных структур.

В связи с этим разработка компьютерной системы для исследования и анализа рельефа поверхности лимфоцитов с возможностью определения основных морфометрических характеристик их поверхностных структур на трехмерных изображениях клеток крови является актуальным.

Целью разработки является автоматизация процесса поиска специфичных структур на поверхности лимфоцитов и повышение

качества расчетов их морфометрических параметров, необходимых для исследования типа лейкоза.

Для достижения данной цели авторами статьи были разработаны следующие алгоритмы:

– поиска и подсчета количества глобулярных впадин и глобулярных выступов на поверхности лимфоцитов [12];

– определения морфометрических параметров поверхностных структур лимфоцитов на трехмерных изображениях клеток крови [13].

Однако, показатели, полученные в результате определения необходимых для исследования параметров, имеют недостаточную точность, в связи с чем возникла необходимость в разработке наиболее оптимального метода определения морфометрических показателей поверхностных структур лимфоцитов на трехмерных изображениях клеток крови.

Актуальность разработки данного метода заключается в получении максимально точных данных исследования, от которого зависит качество диагностики заболевания, выбор метода лечения и, соответственно, средний показатель выживаемости пациентов.

2. Метод определения параметров

Оптимизация метода определения морфометрических характеристик поверхностных структур лимфоцитов на трехмерных изображениях клеток крови достигнута за счет определения минимальной прямоугольной области, которая содержит множество точек, составляющих ту ли иную поверхностную структуру лимфоцита.

Для нахождения минимальной прямоугольной области необходимо осуществить поворот координатных осей на определенный угол (рис. 1).

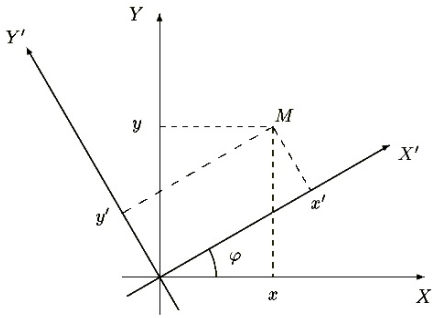


Рис. 1. Поворот координатных осей

После этого необходимо определить новые координаты точек поверхностной структуры лимфоцита, используя формулы поворота координатных осей [14].

$$\begin{cases} x' = x \cdot \cos\alpha + y \cdot \sin\alpha \\ y' = -x \cdot \sin\alpha + y \cdot \cos\alpha \end{cases} \quad (1)$$

где x, y – старые координаты произвольно точки M;

x', y' – новые координаты произвольно точки M;

α – угол поворота координатных осей.

Величину угла α, на который необходимо повернуть координатную ось для получения минимальной прямоугольной области, можно найти путем перебора значений от 0° до 90° с некоторым шагом h, на каждом из которых необходимо определять площадь прямоугольной области, содержащей множество точек исследуемой поверхностной структуры лимфоцита. Из полученных значений площади выбирается наименьшая.

Выбранный шаг перебора обеспечивает точность получения площади минимальной прямоугольной области.

Для определения оптимального угла поворота α не обязательно перебирать именно все значения в указанном диапазоне с заданным шагом, достаточно:

1. определить минимальную площадь и угол поворота α в диапазоне [0; 90] с шагом $h = 1^\circ$;

2. затем повторить пункт 1 в диапазоне $[\alpha - h_1; \alpha + h_1]$ с шагом $h_1 = h/10$ до тех пор, пока h_1 не будет соответствовать указанной точности (в указанном диапазоне количество вычислений всегда будет равным 20).

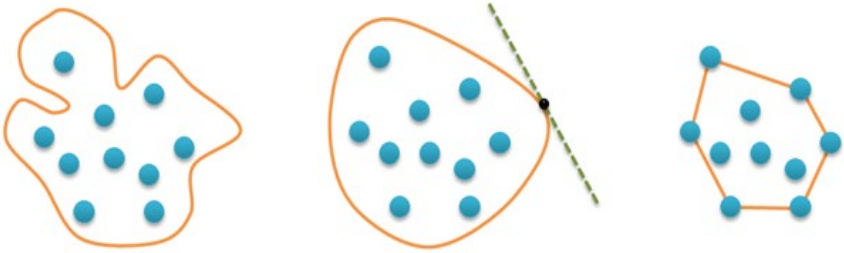
Тем самым обеспечивается наименьшее количество вычислений k, необходимых для определения минимальной прямоугольной области, которое можно описать в виде:

$$k = 90 + 20 \cdot n \quad (2)$$

где n – количество знаков после запятой.

3. Практическая реализация

При реализации вышеописанного метода был использован алгоритм Джарвиса [15], который определяет минимальную выпуклую оболочку (МВО) множества точек (рис. 2).



а б в

а – оболочка, б – выпуклая оболочка, в – МВО

Рис. 2. Понятие минимальной выпуклой оболочки

В результате были получены точки исследуемых поверхностных структур (глобулярных впадин и выступов) на клеточной поверхности лимфоцита, которых достаточно для нахождения минимальной прямоугольной области, содержащей эти точки, и для определения их оптимальных геометрических параметров (ширины и длины) (рис. 3).

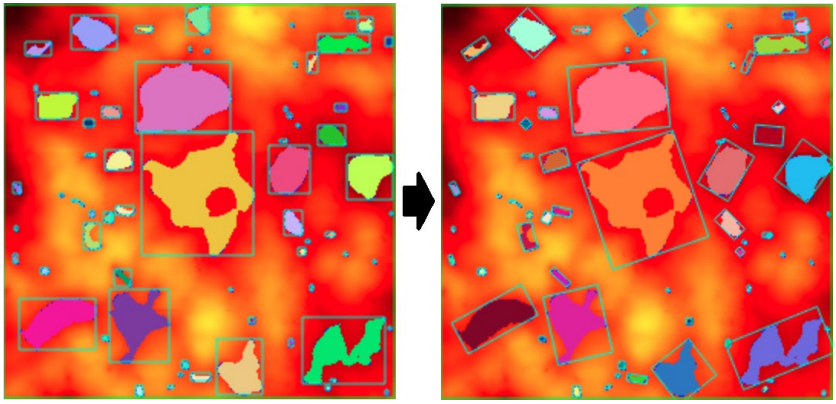


Рис. 3. Определение оптимальных морфометрических характеристик поверхностных структур лимфоцита

Таким образом, с помощью разработанного метода были получены наиболее точные значения морфометрических характеристик – геометрических параметров (ширины и длины) глобулярных впадин и выступов на клеточной поверхности лимфоцита (табл.).

Таблица

Определение морфометрических параметров

Значения морфометрических параметров					
без поворота			**с поворотом**		
длина, нм	ширина, нм	площадь, $нм^2$	длина, нм	ширина, нм	площадь, $нм^2$
437,672	258,824	113280,018	307,799	241,248	74255,893
704,803	388,235	273629,193	266,771	611,655	163171,816
261,219	152,941	39951,095	139,022	210,053	29201,988
908,247	541,176	491521,478	518,610	748,169	388007,925
1274,120	941,176	1199171,165	853,908	777,731	664110,723
812,106	505,882	410829,807	374,841	760,913	285221,390
490,886	341,176	167478,522	309,624	372,829	115436,806
183,016	129,412	23684,467	174,893	49,845	8717,542
718,514	552,941	397295,850	526,569	429,971	226409,399
275,656	211,765	58374,293	200,025	183,533	36711,188

Из таблицы видно, что при использовании разработанного метода были получены наиболее точные значения морфометрических параметров поверхностных структур лимфоцитов.

Заключение

В процессе реализации компьютерной системы по исследованию типа лейкоза разработаны алгоритмы, обеспечивающие автоматизацию процесса поиска и определения морфометрических характеристик поверхностных структур лимфоцита на трехмерных изображениях клеток крови. Разработанный в рамках данной статьи метод нахождения более оптимальных геометрических рельефа поверхности лимфоцита сделает исследование более качественным, быстрым и информативным. При этом работа специалиста, выполняющего анализ поверхностных структур с помощью предложенного метода, будет существенно оптимизирована. Использование вышеназванной компьютерной системы в исследовании клеток крови позволит ускорить диагностику заболевания, что, в свою очередь, поможет своевременно применить необходимые методы лечения и организовать правильную терапию.

Важно отметить, что данные, полученные с помощью разработанного алгоритмического обеспечения, повысят степень разрешения проблемы по исследованию типа лейкоза на основе анализа рельефа поверхности лимфоцитов на различных стадиях заболевания.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-07-00133_А.

Список литературы

1. Автандилов Г. Г. Медицинская морфометрия. Руководство. – М. : Медицина, 1990. – 384 с.

2. Автандилов Г. Г. Морфометрия в развитии доказательной патологической анатомии / Г. Г. Автандилов // Материалы II Московской региональной научно-практической конференции (с международным участием) Цитоморфометрия в медицине и биологии: фундаментальные и прикладные аспекты. – Москва, 2009. С. 3-6.

3. Менткевич Г. Л., Маякова С. А. Лейкозы у детей. – М. : Практическая медицина, 2009. – 384 с.

4. Возможности гистоморфометрии в судебно-медицинской теории и практике / Ю. И. Пиголкин [и др.] // Проблемы экспертизы в медицине. – 2001. – Т.1, № 4. – С. 31-35.

5. Динамические изменения рельефа поверхности лимфоцитов при снижении осмолярности среды / М. Ю. Скоркина [и др.] // Научные ведомости Белгородского Государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2012. – № 9 (128). – С. 95-103.

6. Сладкова Е А. Цитоархитектоника и свойства поверхности лимфоцитов у здоровых людей (доноров) и при развитии лимфопролиферативных процессов на основе атомно-силовой микроскопии: Дис. ... канд. биолог. наук. Новосибирск. – 2015. – 172 с.

7. Использование технологий атомно-силовой микроскопии для оценки структуры и свойств поверхности клеток крови / М. Ю. Скоркина [и др.] // Научный результат. Серия «Физиология». – 2015. – Т.1, №4(6). – С. 23-26.

8. Шамрай Е. А. Упруго-эластические свойства и рельеф поверхности лимфоцитов больных острым и хроническим миелобластным лейкозом // Научный результат. Серия «Физиология». – 2016. – Т.2, №1(7). – С. 23-26.

9. Сладкова Е. А. Функциональные параметры и структура поверхности лимфоцитов больных лимфобластным лейкозом на стадии обострения и ремиссии болезни // Научный результат. Серия «Физиология». – 2015. – Т.1, №1(1). – С. 19-25.

10. Шамрай Е.А., Скоркина М.Ю., Сладкова Е.А. Механические свойства лимфоцитов при развитии хронических миелопролиферативных процессов в системе крови // Журнал медико-биологических исследований. – 2017. – Т.5, № 3. – С. 87-92.

11. Влияние химиотерапии на структурно-функциональные особенности лимфоцитов больных острым миелобластным лейкозом / Е. А. Слакова [и др.] // Научный результат. Физиология. – 2016. – Т.2, №4. – С. 14-19.

12. Самхарадзе К. К. Алгоритм определения типа лейкоза на основе анализа рельефа поверхности лимфоцитов на изображениях клеток крови / К. К. Самхарадзе, Д. С. Батищев, В. М. Михелев // Материалы XIX Международной научно-методической конференции ««Информатика: проблемы, методология, технологии». Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации». 2019. С. 568-572.

13. Самхарадзе К. К. Алгоритм определения морфометрических параметров поверхностных структур лимфоцитов на изображениях клеток крови / К. К. Самхарадзе, В. М. Михелев // Научный результат. Информационные технологии. – 2019. – Т.4, №4. – С. 10-18.

14. Шнейдер В. Е. Краткий курс высшей математики: учеб. пособие для втузов / В. Е. Шнейдер, А. И. Слуцкий, А. С. Шумов. – М. : Высшая школа, 1972. – 640 с.

15. Кормен Т. Х. Алгоритмы: Построение и анализ / Т. Х. Кормен [и др.] – 2-е издание. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1296 с.

Использование элементов технического анализа для определения тенденции изменения метеорологических величин

А. В. Соловьев, e-mail: av-solovev@mail.ru
И. И. Ульшин, e-mail: ulshin@rambler.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе рассмотрено использование элементов технического анализа для прогнозирования тенденции температуры воздуха и температуры точки росы, а также метеорологической дальности видимости. Проведено оценивание успешности подобного подхода при решении практических задач.*

Ключевые слова: *элементы технического анализа, индикатор MACD, индикатор MACD-гистограмм, паттерны графического анализа.*

Введение

Прогнозы температурно-влажностных характеристик атмосферы и метеорологической дальности видимости широко используются при обеспечении безопасности страны, в сельском хозяйстве, энергетике и на транспорте. В настоящее время их надежность не является идеальной, и поэтому исследования, направленные на совершенствование соответствующих метеорологических прогностических способов, представляются вполне актуальными.

Целью данной работы является оценивание успешности использования формальных методов, основанных на элементах технического анализа временных рядов, при прогнозировании тенденции изменения значений метеовеличин.

1. Разработка формальных методов

Для прогнозирования тенденции метеорологических величин были рассмотрены следующие элементы технического анализа: индикаторы *MACD*, индикаторы *MACD*-гистограмм (как наиболее эффективные, по мнению Д. Швайгер и Д. Аппель), а также паттерны [1, 2].

При разработке формальных методов и оценивании успешности их применения для определения ожидаемой тенденции метеовеличин были

© Соловьев А. В., Ульшин И. И., 2020

использованы архивные данные, содержащие результаты наблюдений за температурой воздуха, температурой точки росы и метеорологической дальности видимости в основные сроки, а также полученные путем осреднения их среднесуточные и среднемесячные значения. Временные ряды рассматриваемых величин были сформированы на основе метеорологических данных дневника погоды со станции «Воронеж» (международный код 34123) в период с 1 января 2014 года по 19 января 2019 года.

На основе полученных данных был выполнен расчет составляющих индикатора *MACD*: быстрой и сигнальной линий. Быстрая линия *MACD* (*FL*) – это разность между двумя экспоненциальными скользящими средними метеорологической величины с периодами осреднения 12 и 26 значений. Сигнальная линия *MACD* (*SL*) – девятипериодная экспоненциальная скользящая средняя метеорологической величины [3].

Расчет значений быстрой линии *MACD* (*FL*) на примере температуры воздуха выполнялся по следующей формуле:

$$FL_i = \widetilde{T}12_i - \widetilde{T}26_i, \quad (1)$$

где $\widetilde{T}12_i, \widetilde{T}26_i$ – *i*-е значения экспоненциальных средних температуры воздуха с периодом осреднения 12 и 26 сроков соответственно [1].

Определение экспоненциальных средних температуры воздуха при *N*=12 и *N*=26 было выполнено по формуле:

$$\begin{aligned} \widetilde{T}12_i &= \alpha T_i + \widetilde{T}12_{i-1}(1-\alpha); \\ \widetilde{T}26_i &= \alpha T_i + \widetilde{T}26_{i-1}(1-\alpha), \end{aligned} \quad (2)$$

где T_i – *i*-е значение температуры воздуха временного ряда; $\widetilde{T}12_{i-1}$, $\widetilde{T}26_{i-1}$ – (*i*-1)-е экспоненциальные средние температуры воздуха для периодов осреднения *N*=12 и *N*=26 за предыдущий срок наблюдения; $\alpha = \frac{2}{N+1}$ – коэффициент старения данных [4].

Расчет величин сигнальной линии *MACD* (*SL*) при *N*=9 выполнялся с помощью выражения:

$$SL_i = \alpha\widetilde{T}12_i + SL_{i-1}(1-\alpha), \quad (3)$$

где SL_{i-1} – (*i*-1)-е значение сигнальной линии *MACD*; на первом шаге вычисления оно равно $\widetilde{T}12_i$ [4].

Таким образом, с использованием формул (1) – (3) были вычислены значения составляющих индикатора *MACD* для исследуемых

метеорологических величин. Пример полученных результатов представлен на рис. 1.

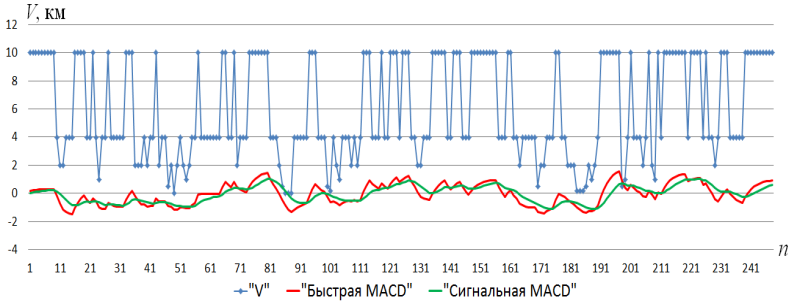


Рис. 1. Изменение метеорологической дальности видимости и индикатора *MACD*

Видно, что в момент пересечения сигнальной и быстрой линий происходит смена знака тенденции. Выявление дальнейшей тенденции с помощью индикатора *MACD* затруднено при слабовыраженных изменениях анализируемой величины.

2. Оценивание успешности применения методов технического анализа

Для оценки качества прогнозирования тенденции были построены соответствующие таблицы сопряженности, на основе которых рассчитана доля случаев ее правильного определения. Для этого каждый последующий срок наблюдений рассматривался как прогностический для предыдущего. Расчеты показали, что прогноз разрабатывался правильно:

при определении тенденции значений температуры воздуха за основные сроки наблюдения – в 78% случаев.

при определении тенденции значений среднесуточной температуры воздуха – в 79%, среднемесячной – в 98% случаев;

при определении тенденции значений температуры точки росы за основные сроки наблюдений – в 77%, среднесуточной – в 79%, среднемесячной – в 98% случаев;

при определении тенденции значений метеорологической дальности видимости за основные сроки наблюдений – в 93%, среднесуточной – в 92%, среднемесячной – в 98% случаев.

Определение индикатора *MACD*-гистограмм (*MG*) для временных рядов температуры воздуха, точки росы и метеорологической дальности видимости осуществлялось по формуле [4]:

$$MG_i = FL_i + SL_i. \quad (4)$$

Результаты полученных расчетов на примере среднемесячной температуры воздуха показаны на рис. 2.

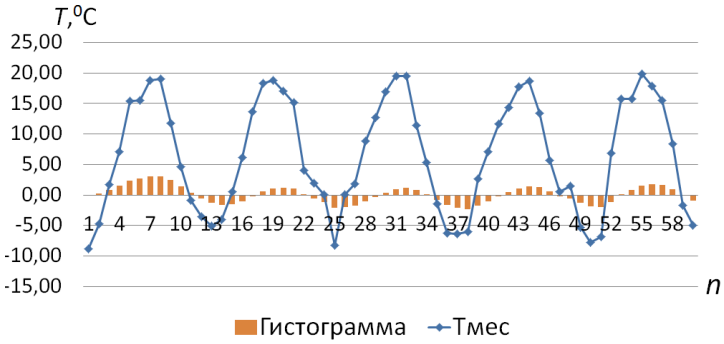


Рис. 2. Изменение среднемесячной температуры воздуха у поверхности земли и индикатора *MACD*-гистограмм

Установлено, что на графике периодически повторяются максимумы и минимумы среднемесячной температуры. Смену знака тенденции можно определить с использованием гистограммы *MACD*. При достижении нулевого значения индикатор *MACD*-гистограмм свидетельствует о смене тенденции. При незначительных изменениях среднемесячной температуры (например, в июле 2014 года) смена тенденции с помощью данного индикатора не выявляется.

Оценка успешности использования индикатора *MACD*-гистограмм для прогнозирования тенденции метеорологической дальности видимости, температуры воздуха и точки росы проводилась аналогичным способом. Оценки определялись правильно:

при определении тенденции значений температуры воздуха за основные сроки наблюдения – в 79%, среднесуточной – в 72%, среднемесячной – в 98% случаев;

при определении тенденции значений температуры точки росы за основные сроки наблюдений – в 80%, среднесуточной – в 74%, среднемесячной – в 98% случаев;

при определении тенденции значений метеорологической дальности видимости за основные сроки наблюдений – в 88%, среднесуточной – в 88%, среднемесячной – в 98% случаев.

В ходе проведенного исследования были использованы паттерны.

На рис. 3 представлен пример выявления соответствующих фигур графического анализа.

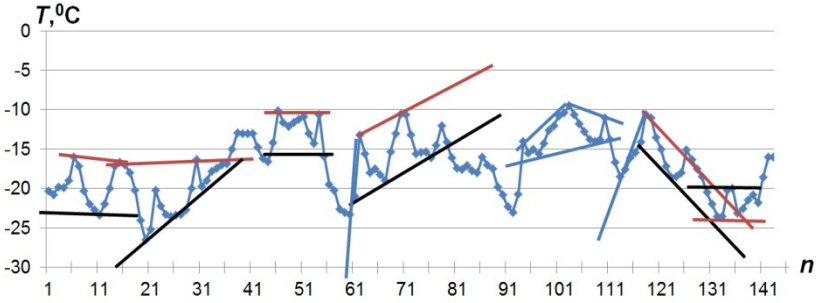


Рис. 3. Значения температуры воздуха за основные сроки наблюдения и выделенные фигуры графического анализа

Построение паттернов выполнялось с использованием уровней поддержки и сопротивления. Наиболее частыми фигурами являются «Двойная (тройная) вершина» и «Двойная (тройная) впадина».

Основная проблема при использовании экономических фигур заключается в отсутствии систематичности определения паттернов на графиках метеорологических величин. Например, при исследовании временных рядов температуры воздуха и точки росы в основные сроки наблюдений в январе 2018 году (248 наблюдений) получено 9 паттернов с правильным выявлением дальнейшей тенденции в 78% случаев. Для 365 среднесуточных значений температуры воздуха и точки росы были построены 26 графических фигур с правильным выявлением тенденции в 81% случаев. На графике изменения метеорологической дальности видимости по 248 наблюдениям построено 3 фигуры с 66% случаев правильного определения тенденции.

Заключение

Таким образом, рассмотренные элементы технического анализа позволяют прогнозировать дальнейшую тенденцию временных рядов температуры воздуха, точки росы и метеорологической дальности видимости за основные сроки наблюдений, а также их усредненных значений. Наиболее высокие показатели успешности прогнозирования тенденции исследуемых метеорологических величин были получены при использовании индикатора *MACD* (в среднем 79-93% правильных результатов в зависимости от рассматриваемой величины). При этом наилучшие результаты были достигнуты при определении тенденции среднемесячной температуры воздуха (98% правильных результатов).

Наихудшие результаты наблюдались при определении тенденции среднесуточной температуры воздуха (72-79% правильных результатов).

Выявлено, что применение паттернов при моделировании временных рядов возможно только совместно с индикаторами *MACD* и *MACD*-гистограмм.

Список литературы

1. Аппель Д. Технический анализ. Эффективные инструменты для активного инвестора. / Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2007. – 304 с.

2. Schwager J. Technical analysis. – New York: John Wiley & Sons, 1996. – 768 p.

3. Fxteam [Электронный ресурс]. URL: https://www.fxteam.ru (Дата обращения: 1.10.2019).

4. Найман Э. Малая Энциклопедия Трейдера. – К.: ВИРА-Р Альфа Капитал, 1999. – 236 с.

Математическая модель обнаружения цели оператором дрона оптико-электронными средствами

А. И. Тищенко, email: aleksei.tishenko@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе рассматривается математическая модель вероятности обнаружения цели оператором беспилотного летательного аппарата оптико-электронными системами на основе критерия Джонсона и биномиального закона повторных испытаний.*

Ключевые слова: *Математическая модель, вероятность обнаружения, оптико-электронные системами, беспилотный летательный аппарат, оператор беспилотного летательного аппарата.*

Введение

Важным элементом в работе подразделений поисково-спасательных служб является своевременное обнаружение пострадавших в результате несчастных случаев и стихийных бедствий. Особую сложность представляет обнаружение раненых и пострадавших в труднодоступных районах. В подобных обстоятельствах для ускорения процесса поиска пострадавших целесообразно использовать беспилотные летательные аппараты (БпЛА). Эффективность их применения повысится, если в ходе планирования полетов использовать расчетные программы. Реализация расчетных программ возможна при наличии математических моделей адекватных задачам, стоящих перед расчетом БпЛА.

Целью статьи является разработка математической модели расчета вероятности обнаружения наземной цели оператором дрона с помощью оптико-электронных систем, установленных на БпЛА.

1. Математическая модель

Для разработки математической модели определимся с некоторыми понятиями, которые будут использоваться в дальнейшем.

Под целью поиска будем понимать человека, представляющего собой стационарный или малоподвижный объект, находящийся на поверхности Земли. Площадь поперечного сечения его в сотни раз меньше площади района поиска. Поэтому в дальнейшем объект поиска будем рассматривать как точечный.

© Тищенко А.И., 2020

Для поиска людей на БпЛА устанавливаются видео и инфракрасные камеры, которые в комплексе с оборудованием БпЛА можно рассматривать как оптико-электронную систему (ОЭС). Оператор дрона осуществляет управление летательным аппаратом в ручном или автоматическом режимах. В процессе полета БпЛА получаемое с помощью видеокамеры (ИК-камеры) видеоизображение участка местности передается по радиоканалу на наземный пункт (дистанционный пульт) управления и визуализируется на мониторе пункта (пульта). Оператор обнаруживает и распознает объект поиска путем визуального анализа полученного изображения местности. В ходе поисково-спасательных работ принципиальное значение имеет не просто обнаружить цель, а именно распознать ее. Поэтому в дальнейшем под обнаружением будем понимать уровень восприятия, при котором объект поиска не только выделяется на экране монитора в виде пятна на фоне помех, но и различается с уровнем детализации, позволяющим определить его принадлежность человеку.

Решение поставленной цели осуществляется применительно к следующим условиям. Расчет дрона выполняет поиск наземной цели площадью S_m в заданном районе площадью S_p с помощью ОЭС, установленной на БпЛА. ОЭС включает в себя видеокамеру, установленную непосредственно на летательном аппарате, и монитор, находящийся на наземном пункте управления дрона. Формат изображения монитора соответствует формату изображения приемника излучения видеокамеры. Камера установлена на БпЛА под углом визирования α. Технические характеристики камеры: вертикальный угол поля зрения $\beta_в$; горизонтальный угол поля зрения $\beta_г$; скорость съемки τ (для фотосъемки серийность съемки, для видеосъемки частота кадра); линейное разрешение ОЭС на местности R; размер пикселя матрицы приемника ОЭС δ; f – фокусное расстояние объектива видеокамеры. Проекция поля зрения видеокамеры на контролируемую в процессе полета земную поверхность на высоте полета h имеет форму прямоугольника при $\alpha=90^\circ$, а при $\alpha\neq 90^\circ$ – трапецию, с параметрами определяемыми выражениями (1) – (5) [1]:

$$l_1 = \frac{2h\cos\left(\frac{\beta_в}{2}\right)tg\left(\frac{\beta_г}{2}\right)}{\sin\left(\alpha+\frac{\beta_в}{2}\right)}; \qquad (1)$$

$$l_2 = \frac{2h\cos\frac{\beta_в}{2}tg\frac{\beta_г}{2}}{\sin\left(\alpha - \frac{\beta_в}{2}\right)}; \quad (2)$$

$$l_3 = \frac{2h\sin\beta_в}{\sin\left(\alpha + \frac{\beta_в}{2}\right)\sin\left(\alpha - \frac{\beta_в}{2}\right)}; \quad (3)$$

$$l_4 = \frac{h\sin\beta_в\sqrt{1 + tg^2\frac{\beta_г}{2}\cos^2\alpha}}{\sin\left(\alpha + \frac{\beta_в}{2}\right)\sin\left(\alpha - \frac{\beta_в}{2}\right)}; \quad (4)$$

$$S_{обз} = \frac{2h\sin\alpha\sin\beta_в tg\frac{\beta_г}{2}\cos^2\frac{\beta_в}{2}}{\sin^2\left(\alpha + \frac{\beta_в}{2}\right)\sin^2\left(\alpha - \frac{\beta_в}{2}\right)}, \quad (5)$$

где l_1 – основание трапеции, ближнее относительно БпЛА, l_2 – основание трапеции, дальнее относительно БпЛА, l_3 – высота трапеции; l_4 – боковая сторона трапеции; $S_{обз}$ – площадь трапеции.

Решение задачи осуществляется применительно к случаю, когда количество БпЛА, привлекаемых к поиску ограничено, район поиска обширен, данные о месте и маршруте движения цели неизвестны. В подобных случаях поиск осуществляется способом «параллельного галсирования» [2]. Маршрут района поиска разбивается на взаимно параллельные полосы, прокладываемые таким образом, чтобы края поля зрения ОЭС БпЛА, находящейся на двух соседних полосах, при установленной высоте h, как минимум соприкасались. Это обеспечит 100% просмотр района поиска. Исходя из этого, в предлагаемой математической модели полосы прокладываются на расстоянии $l_1/2$, скорость облета района поиска БпЛА V.

В системах видеорегистрации для расчета вероятностей обнаружения и распознавания объекта используют критерий Джонсона [3]. На его основе вероятность распознавания цели оператором БпЛА по видеоизображению местности на мониторе наземного (дистанционного) пункта управления p рассчитывается с использованием выражения вида [4]:

$$p = 1 - e^{-0{,}015(N-1)^2}, \quad (6)$$

где N – количество элементов разрешения занимаемых объектом поиска на мониторе наземного (дистанционного) пульта управления.

Зависимость между размерами цели на местности и количеством N определяется выражением вида (7) [4]:

$$N = \frac{l_m f}{Rh}, \tag{7}$$

где l_m – линейные размеры цели.

Линейное разрешение на местности R связано с размерами пикселя матрицы приемного устройства ОЭС δ соотношением вида [4]:

$$R = \frac{h\delta}{f}. \tag{8}$$

В предлагаемой математической модели видеоизображение района поиска цели рассматривается в виде серии видеокадров $n=n_1+m$ – независимых испытаний с вероятностью распознавания цели в каждом кадре p, где n_1 – количество кадров по маршруту полета, на которых изображение цели отсутствует, m – количество кадров, на которых имеется изображение цели, определяемые соответственно выражениями (9), (10):

$$n_1 = \left\lceil \frac{l - l_m}{V}\tau \right\rceil, \tag{8}$$

$$m = \left\lceil \frac{l_m}{V}\tau \right\rceil, \tag{9}$$

где l – протяженность маршрута полета БпЛА, $\lceil x \rceil$ – ближайшее к x целое в большую сторону.

Тогда для расчета того, что в n кадрах видеоизображения района поиска цель распознается не менее чем на m снимках можно использовать биноминальный закон повторных испытаний [5]:

$$P_n(m) = C_n^m p^m (1-p)^{n-m}, \tag{10}$$

где $P_n(m)$ – вероятность распознавания цели оператором БпЛА m раз в серии из n независимых испытаний, C_n^m – число сочетаний из n по m.

В предлагаемой модели принято, что для выявления цели достаточно распознать ее хотя бы на одном из кадров видеоизображения. Тогда вероятность распознавания цели по видеоматериалам хотя бы 1 раз $R_{1,n}$ можно определить по выражению вида [5]:

$$R_{1,n} = 1 - p^m. \tag{11}$$

Подставив в (11) выражения (6), (7), (9) получим выражение (12), позволяющее рассчитать вероятность распознавания оператором БпЛА цели с помощью ОЭС в районе поиска в первом залете.

$$R_{1,n} = 1 - exp\left(-0{,}015 \left\lceil \frac{l_m}{V}\tau \right\rceil \left(\frac{l_m f}{Rh} - 1 \right)^2 \right). \tag{12}$$

Время необходимое для выполнения первого залета БпЛА в район поиска определяется выражением:

$$t = \frac{\left(l_\partial + \pi \frac{l_1}{4} \right)\left(\frac{2l_ш}{l_1} + 1 \right)}{V}. \tag{13}$$

где $l_д$, $l_ш$ – размеры района поиска по длине и ширине соответственно.

Выражения (12), (13) показывают, что для расчета вероятности распознавания объектов поиска в заданном районе поиска и времени необходимого для выполнения этого поиска необходимы характеристики ОЭС, полета БпЛА, размеры района поиска и цели.

Зависимости (12), (13) позволяют решить обратную задачу, когда по заданному значению вероятности распознавания объекта поиска, известным (паспортным) характеристикам ОЭС, размерам района поиска и цели можно рассчитать параметры полета и время поиска.

С этой целью необходимо установить пороговое значение $R_{1,n}{}^*$. Из условия $R_{1,n}{}^* \le R_{1,n}$ применительно к размерам района поиска и объекта, заданным характеристика ОЭС можно рассчитать характеристики полета БпЛА, угол установки видеокамеры на летательном аппарате, при которых время поиска цели будет минимальным.

Если в результате первого залета условие $R_{1,n}{}^* \le R_{1,n}$ не выполнено, в этом случае выполняются последующие залеты БпЛА в район поиска, до тех пор, пока неравенство будет выполнено. Расчет вероятности распознавания оператором БпЛА цели ОЭС в последующих k залетах в район поиска рассчитывается с использованием выражения (14), время t определяется как произведение времени выполнения одного залета на количество залетов.

$$R_{1,n,k} = 1 - \prod_{j=1}^{k} \left(1 - R_{1,n,j} \right), \tag{14}$$

где k – количество залетов БпЛА в район поиска, $R_{1,n,j}$ – вероятность распознавания оператором БпЛА цели ОЭС в j-м залете.

При наличии в поисковом подразделении большого количества БпЛА, поиск цели поиска целесообразно осуществлять способом «гребенки» [2]. Его суть заключается в том, что осуществляется одновременный облет района поиска группой БпЛА путем совместного полета по параллельным прямолинейным полосам на интервалах по фронту между летательными аппаратами и между полосами группы равным $l_1/2$. В этом случае в предлагаемой модели проекция поля зрения видеокамер БпЛА по фронту и время, необходимое для выполнения первого залета в район поиска, определяются выражениями (15), (16):

$$l_1 = \frac{2h\cos\left(\frac{\beta_в}{2}\right)tg\left(\frac{\beta_г}{2}\right)}{\sin\left(\alpha \pm \frac{\beta_в}{2}\right)}, , \qquad (15)$$

$$t = \frac{\left(l_д + \pi\frac{n_3 l_1}{4}\right)\left(\frac{4l_ш}{n_3 l_1}+1\right)}{V}. \qquad (16)$$

где n_3 – количество БпЛА в группе.

В дальнейшем расчет осуществляется согласно описанной выше модели.

При наличии предварительной информации о месте нахождения цели поиск может осуществляться способом «улитки» [2]. Поиск осуществляет один БпЛА вокруг известной точки района, в которой предполагается нахождение цели. Расстояние между соседними участками «улитки» должна составлять $l_1/2$. l_1 рассчитывается с использованием выражения (1). Математическая модель, применительно к способу «улитки», принципиально не изменится, за исключением расчета времени выполнения первого залета в район поиска. Расчет осуществлялся исходя из следующих условий. БпЛА вокруг предварительной точки нахождения цели осуществляет полет равномерно по спирали Архимеда [5] с равномерным приращением спирали. В этом случае протяженность маршрута рассчитывается по формуле длины дуги соответствующей спирали, а время выполнения первого залета по выражению вида:

$$t = \frac{l_1}{16\pi V}\left[\varphi\sqrt{1+\varphi^2} + \ln\left(\varphi + \sqrt{1+\varphi^2}\right)\right], \quad \varphi \in [\varphi_0, \varphi_{\max}], \qquad (19)$$

где φ – угол поворота луча проходящего через центр спирали и текущим положением БпЛА.

В тех случаях, когда известен предварительный маршрут движения цели, поиск осуществляется по линии заданного пути, проходящей вдоль участка известного (вероятного) маршрута движения [2]. В этом случае район поиска представляет собой полосу шириной l_1, выражение (1), время поиска определяется выражением:

$$t = \frac{l}{V},, \tag{20}$$

где l – длина маршрута движения цели.

2. Результаты численного исследования математической модели

Численное исследование математической модели осуществлялось применительно к оператору БпЛА Phanton 3 Professional [6]. Выбор обусловлен тем, что обобщенный опыт практического применения летательного аппарата отражен в источнике [2], что позволяет сравнить результаты численного моделирования с результатами практической эксплуатации квадрокоптера. Phanton 3 Professional состоит из непосредственного летательного аппарата, видеокамеры и пульта дистанционного управления [6]. Технические характеристики летательного аппарата: максимальная скорость полета 16 м/с (примерно 60 км/ч); максимальное время полета 23 мин; максимальная высота полета 6000 м; дальность передачи видеосигнала до 2000 м; подвес обеспечивает охват с углом наклона от -90 до 30°. Основные характеристики видеокамеры: оптика EXMOR 1/2,3″; эффективные пиксели 12,4 миллиона; объектив с углом обзора 94°; фокусное расстояние 20 мм; эквивалентный формат 35 мм f/2,8; максимальный размер изображения 4000x3000; режим видеосъемки FHD: 1920x1020p 24/25/30/48/50/60 fps.

Численное моделирование проведено применительно к следующим условиям. Цель поиска – человек, площадь поперечного сечения которого описывается овалом с размерами большой и малой оси 0,75 и 0,5 м. Район поиска представляет собой квадрат со стороной 2000м, исходя из дальности передачи видеосигнала. Диапазон скоростей полета БпЛА от 20 – 60 км/ч, высот полета БпЛА от 50 – 1000 м, углов наклона объектива видеокамеры 5 – 30°. Пороговое значение вероятности распознавания цели по видеоматериалам хотя бы 1 раз 0,99.

Результаты исследований представлены на рис. 1 – 4. Анализ полученных результатов показывает, что время поиска цели зависит от высоты полета БпЛА и угла визирования видеокамеры. Зависимость эта носит обратно пропорциональный характер. С целью экономии энергии источника питания БпЛА поиск целесообразно производить на высоте 200 – 300 м, при скорости полета летательного аппарата 40 км/ч.

Результаты согласовываются с практическими рекомендациями, приведенными в [2], что указывает на адекватность математической модели. При наличии в распоряжении поискового подразделения достаточного количества БпЛА и предварительной информации о месте нахождения цели поиск следует осуществлять соответственно способами «гребенки» и «улитки».

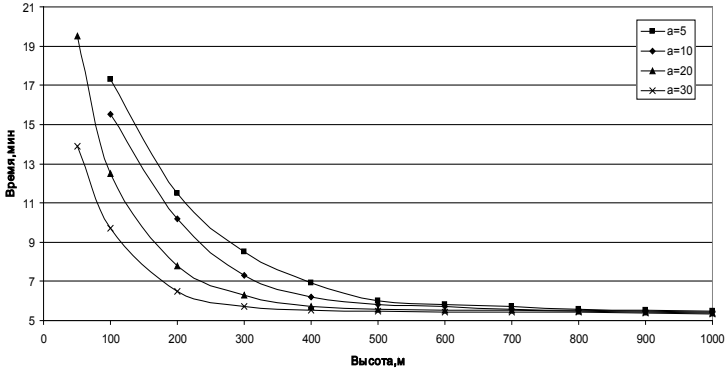


Рис. 1. Зависимость времени распознавания цели оператором БпЛА в зависимости от высоты полета и угла наклона видеокамеры 5°, 10°, 20°, 30° способом «галсирования»

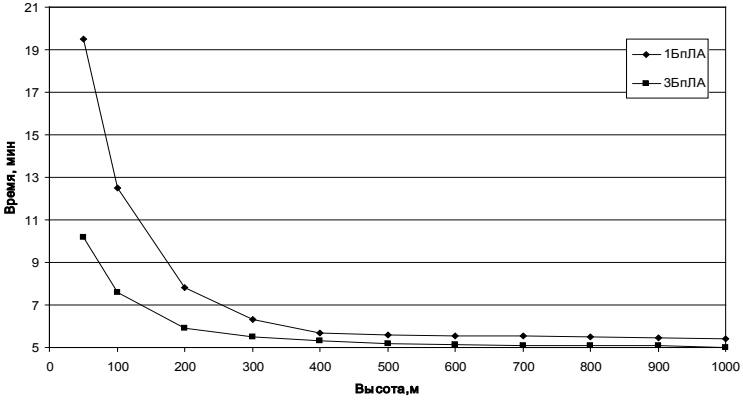


Рис. 2. Зависимость времени распознавания цели способами «галсирования» и «гребенки» при угле наклона видеокамеры 20°

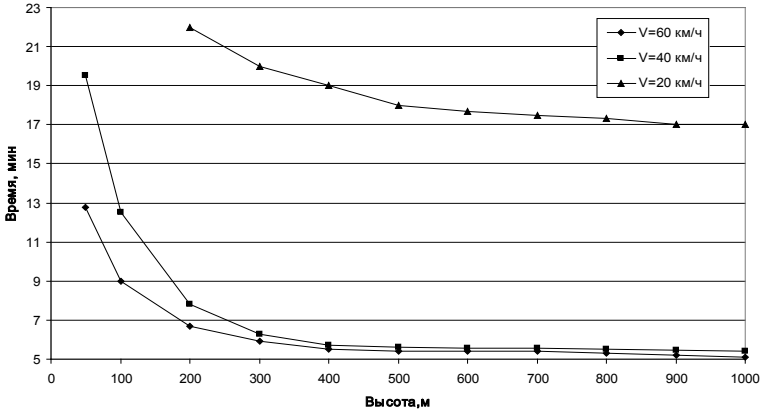


Рис. 3. Зависимость времени распознавания цели оператором БпЛА способом «гребенки» от скорости полета летательного аппарата при угле наклона видеокамеры 20°

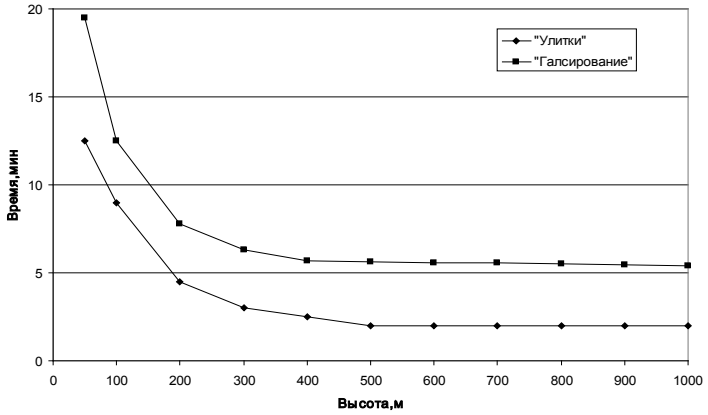


Рис. 4. Зависимость времени распознавания цели оператором БпЛА способами «галсирования» и «улитки» при скорости полета летательного аппарата 40 км/ч и угле наклона видеокамеры 20°

Заключение

В данной статье предложена математическая модель расчета вероятности обнаружения и распознавания цели оператором дрона с помощью видеокамеры, установленной на летательном аппарате. Модель можно использовать для планирования поисковых полетов БпЛА в заданный район. Результаты численных исследований модели применительно к различным способам поиска цели согласовываются с результатами практических рекомендаций по использованию БпЛА поисково-спасательными подразделениями.

Список литературы

1. Моисеев, В. С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами : монография / В.С. Моисеев ; – Казань : ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования», 2013. – 768 с.
2. Поисково-спасательные работы при помощи беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://www.fireman.club/statyi-pozovateley/poiskovo-spasatelnyih-rabot-pri-pomoshhi-bespilonyih-letatelnyih-apparatov
3. Воробьев, А. Л. Методика вероятностного анализа процесса наблюдения в цифровых телевизионных системах видимого диапазона / А.Л. Воробьев, Ю.П. Журик, А.М. Краснов, С.Н. Шашков [Электронный ресурс] : Электронный журнал «Труды МАИ» вып. 49: – Режим доступа: https://www.mai/science/trudy/
4. Тищенко, А.И. Определение высоты полета беспилотного летательного аппарата для выполнения видеонаблюдения с требуемой степенью детализации информации при поиске тепловых объектов / А.И. Тищенко, И. Н. Ищук, Ю Ю Громов // Информационно-сенсорные системы в теплофизических исследованиях : сб. науч. ст. (Тамбов, 6–9 ноября 2018 г.). – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018, Ч.2. – С. 190 –194.
5. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 832 с.
6. Обзор квадрокоптера DJI Phanton 3 Professional [Электронный ресурс] : – Режим доступа: https://mirquadrocopterov.ru/populyarnue-modeli/universalnue-drony/omzor-dji-phantom-3-professional.html

Компьютерное моделирование траекторий полета беспилотного летательного аппарата в интересах решения задач радиомониторинга

А. В. Усков, e-mail: sc79@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Разработаны математические модели траекторий полета беспилотного летательного аппарата, обеспечивающих требуемую точность оценки дальности до цели за минимальное время, а также полет в заданное положение с требуемой точностью при равноточных оценках угловых координат объектов. Разработаны предложения по построению маршрута полета беспилотного летательного аппарата с целевыми нагрузками радиомониторинга.*

Ключевые слова: *математическая модель, беспилотный летательный аппарат, траектория полета, радиомониторинг.*

Введение

Эффективное оценивание при ведении пеленгования триангуляционным способом с борта БЛА возможно при условии улучшения точности оценки дальности до цели, а также обеспечения прибытия БЛА в заданную точку с требуемой точностью.

Способы применения БЛА определяются подвижностью, размерами, заметностью и плотностью размещения интересующих объектов [1].

Основными из них являются:

- поиск цели в заданной исполнительной зоне;
- барражирование в исполнительной зоне;
- облет заданного рубежа;
- выход в заданную точку на территории и ее облет;
- поиск цели в заданном угловом секторе;
- поиск цели на заданном маршруте полета.

Целью работы является разработка частной математической модели маршрутов БЛА для достижения требуемой точности оценки дальности до цели за минимальное время, а также обеспечения полета в заданную точку пространства с требуемой точностью при равноточной оценке угловых координат.

© Усков А. В., 2020

1. Математическая модель траектории полета БЛА с требуемой точностью оценки дальности до цели за минимальное время при равноточной оценке угловых координат.

В общем случае получение аналитических выражении для решения задачи достижения требуемой точности за минимальное время сводится к нахождению геометрического места точек равной дисперсии D_R, описываемого уравнением в полярных координатах [2]

$$R_2 = \sqrt{\frac{D_R \sin^2 \alpha}{D_\varphi} - R_1^2}\,, \tag{1}$$

где D_R и D_φ – дисперсии определения дальности до цели и ошибки пеленгации, и R_1 и R_2 – дальность до цели от 1 и 2 точек пеленгации, α – угол между двумя пеленгами в декартовой системе координат.

При движении летательного аппарата с фиксированной скоростью минимизация времени соответствует минимизации пути L

$$L^2 = \frac{D_R}{D_\varphi}\sin^2 \alpha - R_1\sqrt{\frac{D_R}{D_\varphi}\sin^2 2\alpha - 4R\cos^2 \alpha}\,, \tag{2}$$

где $m = \dfrac{D_R}{D_\varphi R_1^2}$ – параметр, показывающий во сколько раз требуемая дисперсия D_R больше минимально возможной. Для $m \geq 1$

$$L^2 = R^2\left(m\sin^2 \alpha - \sqrt{m\sin^2 2\alpha - 4\cos^2 \alpha}\right). \tag{3}$$

Для минимизации (3) приравняем к нулю производную по α и после несложных алгебраических преобразований получим

$$\cos 2\alpha = -\frac{1}{m} + \frac{1-\dfrac{1}{m}}{\sqrt{1+\dfrac{4}{m}}}. \tag{4}$$

Курсовой угол находится из выражения

$$\gamma = \pi - \theta - \alpha\,, \tag{5}$$

где θ определяется из соотношения

$$\sin\theta = \frac{R_1}{L} \cdot \sin\alpha \,. \tag{6}$$

Обозначим $q = R_1 / L$, тогда его максимальное значение должно удовлетворять условию

$$q_{\max} \le \frac{1}{\sin\alpha} \,. \tag{7}$$

В этом случае θ будет иметь действительные значения, так как $\theta = \arcsin\left(q \cdot \sin\alpha\right)$.

На рисунке 1(а) изображен маршрут летательного аппарат в полярных координатах, рассчитанный по критерию минимума времени движения при заданной точности дальности до цели при равноточном оценивании угловых координат для $D_\varphi = 1^\circ$, на рисунке 1(б) – траектория полета при $D_\varphi = 1^\circ$ в верхней полуплоскости, и $D_\varphi = 10^\circ$ в нижней полуплоскости.

Математическое моделирование каждого этапа полета БЛА проводилось с использованием среды MATLAB/Simulink. По результатам проведенного анализа предлагается полетное задание формировать так, чтобы траектория, обеспечивающая выход в район выполнения задания за минимальное время строилась в виде «восьмерки», а уточнение местоположения объектов радиомониторинга обеспечивалось полетом по маршруту в виде «спирали».

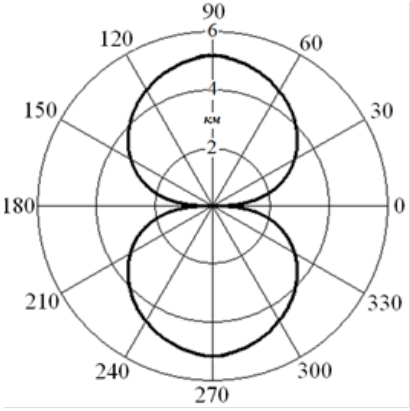


Рис. 1. Маршруты БЛА при равноточном оценивании угловых координат

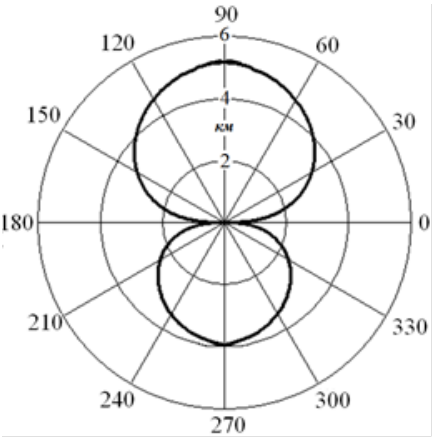


Рис. 2. Маршруты БЛА при равноточном оценивании угловых координат

Из (5),(6) с учетом (7) следует, что для достижения требуемой точности определения дальности до цели летательный аппарат должен осуществлять барражирование в заданном районе по траектории в виде плоской замкнутой кривой, имеющей вид «восьмерки», состоящей из дуг одинакового радиуса при равноточных оценках и различаться при изменении D_φ. Локальный радиус дуги будет тем больше, чем меньше дисперсия ошибки пеленгования. Так, исследования показали, чтобы уменьшить D_φ в 10 раз, необходимо увеличить радиус полета в 2 раза при фиксированном $L = 1$ км. Кроме того, требуемую точность за минимальное время обеспечит полет по маршруту максимально приближенному к направлению на цель.

2. Экспериментальные исследования

Оценка эффективности разработанных моделей проверялась математическим моделированием и полунатурными испытаниями. При математическом моделировании исследования выполнялись применительно к конкретной модели БЛА, который согласно международной классификации является многоцелевым, многоразового использования, без аэродромного базирования, большой продолжительности полета с точечной посадкой, малой массой и относится к аппаратам малой дальности.

Маршрут движения БЛА создавался на этапе подготовки к полету и представлял собой набор поворотных пунктов маршрута (ППМ) (характерных точек траектории (ХТТ) [3]), соединенных между собой прямыми линиями с указанием в средней точке кратчайшего расстояния между пунктами. ППМ разделяют на типы: маршрутная точка, точка прохода по высоте (совпадение фактической высоты БЛА с заданной), точка посадки. Местоположение точки указывалось оператором путем задания ее географических координат. На борт БЛА передавались команды управления в последовательности, предусмотренной программой полета.

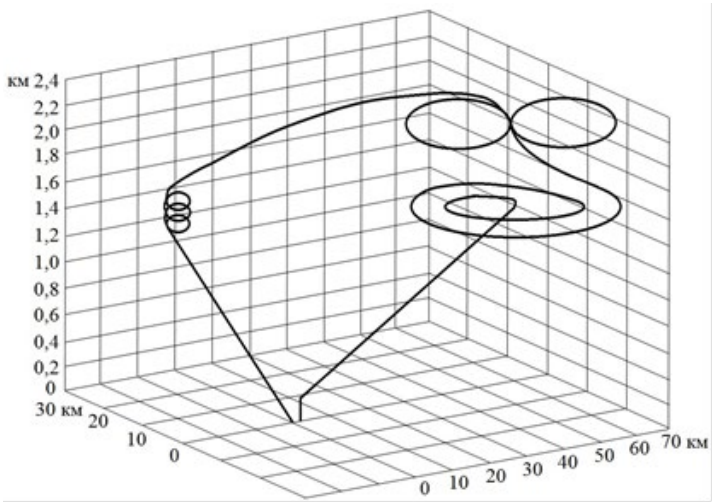


Рис. 3. Маршрут полета БЛА при решении задач радиомониторинга

Из построенных траекторий видно, что маршрут БЛА имеет вид сложной совокупности отрезков между ППМ, которые проведены от начальной точки к конечной с перепадами по высоте.

Заключение

Таким образом, в работе получены аналитические выражения для оценки параметров траектории перемещения БЛА, осуществляющего местоопределение объектов триангуляционным способом при равноточной оценке угловых координат. Разработана математическая модель и проведены исследования зависимости конфигурации воздушных трасс от величин дисперсии ошибки пеленгации, расстояний между точками пеленгования.

Список литературы

1. Гулевич С.П., Александровский Б.В., Веселов Ю.Г. Обоснование основных требований к характеристикам движения беспилотных летательных аппаратов двойного назначения // Проблемы безопасности полетов. – 2008. – №8. – С. 25–39.

2. Богословский А.В., Разиньков С.Н. Оптимизация маршрутов полета беспилотных летательных аппаратов при местоопределении источника радиоизлучения про оценкам угловых координат с их бортов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы, 2015. Т.18.№4.С. 60-66.

3. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами // Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования», 2015. 768 с.

Модель оценки возможностей средств радиотехнической разведки самолетов по информационному обеспечению применения авиационных управляемых ракет

А. В. Усков, e-mail: sc79@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Приведены результаты сравнительной оценки возможностей средств радиотехнической разведки самолетов по информационному обеспечению применения авиационных управляемых ракет класса «воздух-воздух» с использованием угломерного и разностно-дальномерного метода определения координат источников радиоизлучения*

Ключевые слова: *Радиотехническая разведка, авиационная управляемая ракета, источник радиоизлучения, разностно-дальномерный метод, угломерный метод.*

Введение

Основным вооружением самолетов для завоевания господства в воздухе являются авиационные управляемые ракеты (АУР) класса «воздух-воздух». Для их эффективного применения необходимо обеспечить решение задач пуска и командно-инерциального наведения для вывода АУР в заданную точку пространства, где головка самонаведения осуществит захват цели, а также информационной поддержки на участке самонаведения.

Для оценки возможностей рассматриваются средства радиотехнической разведки (РТР) самолетов ведущих в военно-техническом отношении государств. Для определения координат источника радиоизлучения (ИРИ) может быть использован разностно-дальномерный метод (РДМ) определения координат ИРИ с использованием бортовой аппаратуры РТР [1]. При наличии в группах 2-х и более самолетов определение координат ИРИ может осуществляться угломерным методом (УМ) с использованием данных от аппаратуры РТР [2]. Как отмечено в [3, 4], оба метода чувствительны к ошибкам определения координат (ООК) приемных пунктов (ПП), которыми являются самолеты с аппаратурой РТР. Наибольшая

© Усков А. В., 2020

чувствительность будет иметь место для случая малой базы между самолетами, когда отношение дальности до источника ИРИ от условного центра системы к расстоянию между ПП много больше единицы.

1. Описание структуры модели и результаты проведения сравнительной оценки

В основе проведения сравнительной оценки лежит использование разработанной математической модели, структура которой приведена на рисунке 1. Основная особенность модели состоит в групповом учете ООК ПП за счет введения в вектор состояния дополнительных параметров $\Delta X_k, \Delta Y_k$, представляющих собой ООК ИРИ, обусловленные ООК ПП.

В блоке 1 в соответствии с выбранной моделью движения рассчитываются истинные координаты $(\mathrm{X}_k^{\mathrm{и}}, \mathrm{Y}_k^{\mathrm{и}})$ ИРИ и ПП $(\mathrm{X}_{\mathrm{п}j_k}, \mathrm{Y}_{\mathrm{п}j_k})$ для $k = \overline{1, K}$ моментов времени; $j=\overline{1,N}$; N -число ПП.

В блоке 2 в соответствии с параметрами ИРИ-объектов разведки, пространственной ситуации и комплексированной навигационной системы самолетов, вычисляются корреляционные матрицы (КМ) ошибок $\mathbf{R}_{\Delta r_k}$ определения параметров линий положений, ООК $\mathbf{R}_{\mathrm{п}\,k}$ ПП, составляющих ООК ИРИ $\mathbf{R}_k^{(1)}$, $\mathbf{R}_k^{(2)}$, измеренные соответствующим методом декартовые координаты ИРИ $\boldsymbol{\theta}_k$ и матрица возбуждения $\mathbf{Q}_k$. Использованы обозначения: $norm(\sigma)$ - центрированная гауссовская случайная величина с СКО σ; $\mathbf{M}_{1k}, \mathbf{M}_{2k}$ - матрицы, составленные из собственных векторов матриц $\mathbf{R}_k^{(1)}$ и $\mathbf{R}_k^{(2)}$ соответственно; $\sigma^2_{a_\tau}$, $\sigma^2_{a_n}$ - дисперсии тангенциального и нормального ускорений; $diag(\cdot)$ - диагональная матрица.

В блоке 3 моделируется алгоритм калмановской фильтрации с расширенным вектором состояния. Операции «отбеливания» ООК ИРИ, обусловленных ООК ПП, и «отбеливания» маневра реализуется методом Винера-Колмогорова аналогично [3,5].

2. Результаты экспериментальных исследований и их анализ

Выходными данными модели являются апостериорные КМ $\mathbf{P}_k$ ошибок фильтрации. Для проверки адекватности моделирования дополнительно выводятся усредненные по ансамблям реализаций ООК ИРИ.

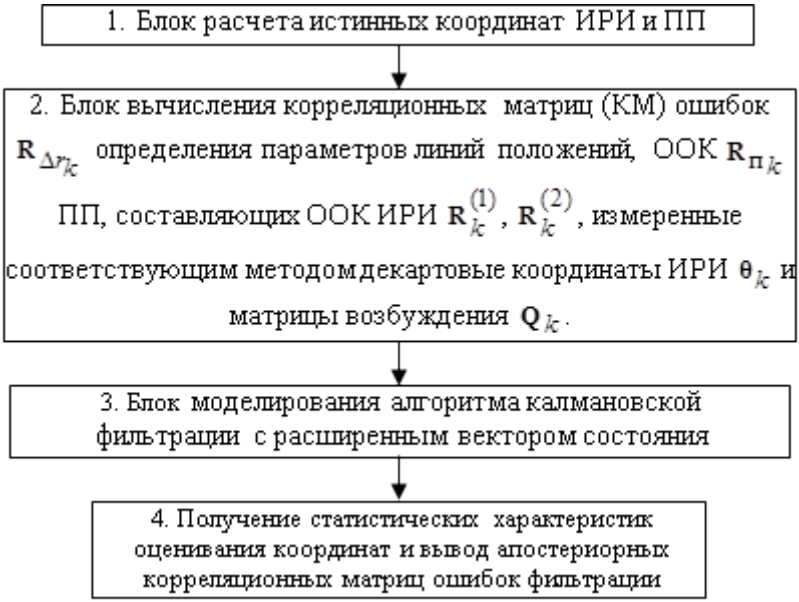


Рис. 1. Структура математической модели

Составляющие ООК ИРИ за счет неточного знания координат ПП при РДМ многократно превышают составляющие ООК за счет флуктуационных ошибок измерения линий положения. В УМ между этими составляющими имеет место обратное соотношение.

На рисунке 2 представлены зависимости отношения $\sigma_{\text{фл}x}/\sigma_{\text{пп}x}$ СКО составляющей, обусловленной флуктуационными ошибками измерения параметров линий положения, к составляющей, обусловленной ООК ПП от СКО последних. Примем, что ООК ПП можно пренебречь, если указанное отношение будет больше 10. При реализации УМ определения координат ИРИ это будет иметь место при

$\sigma_{\text{ПП}} \le 15$ м, что выполнимо [5]. В тоже время для РДМ требуется $\sigma_{\text{ПП}} \le 0{,}1$ м, что практически не реализуемо.

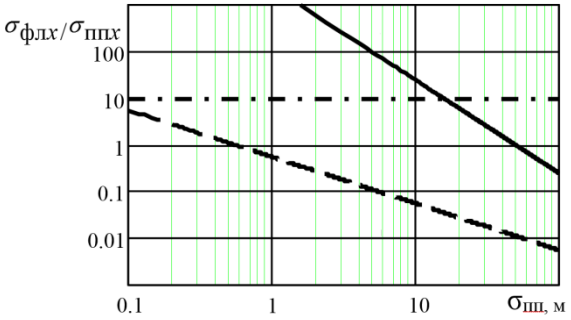


Рис. 2. Зависимости отношения СКО ошибок от ошибок определения координат приемных пунктов

При оценке возможностей средств РТР при решении задачи пуска и командно-инерциального наведения будем полагать, что допустимая ошибка (СКО) определения времени полета $t_{\text{аур}}$ АУР до точки встречи не превышает 5% от истинного значения. С учетом того, что $\sigma_X >> \sigma_Y$ для дисперсии $\sigma^2_{t_{\text{аур}}}$ времени полета АУР можно записать $\sigma^2_{t_{\text{аур}}} = \dfrac{\sigma^2_X + \sigma^2_{\dot{X}} t^2_{\text{аур}}}{(V_{\text{аур}} + V_{\text{ц}})^2}$, где $V_{\text{аур}}, V_{\text{ц}}$ - скорость АУР и носителя ИРИ соответственно.

Как видно из зависимостей на рисунках 3 и 4, указанные значения СКО могут быть обеспечены в рассматриваемом примере с использованием УМ определения координат при времени наблюдения более 10 с. Для РДМ необходимо существенно, в 5 и более раз, увеличивать время наблюдения либо снижать $\sigma_{\text{ПП}}$. Техническая реализация этих условий для динамичного объекта (самолета) наталкивается на существенные сложности.

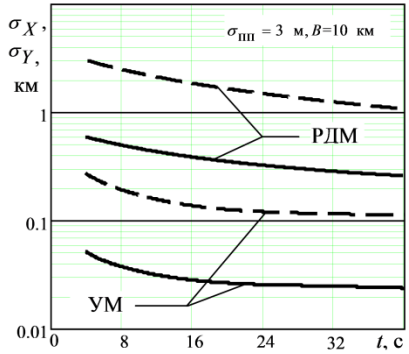


Рис. 3. Зависимости отношения СКО ошибок от ошибок определения координат приемных пунктов

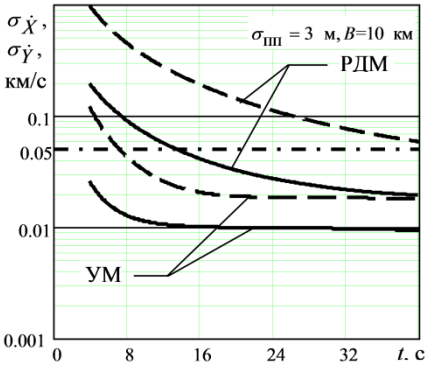


Рис. 4. Зависимости отношения СКО ошибок от ошибок определения координат приемных пунктов

Заключение

Таким образом, при реализуемых на практике ООК ПП, средства РТР самолетов обладают достаточными возможностями по информационному обеспечению применения АУР. С учетом достижимых ООК ПП наиболее предпочтительным является использование угломерного метода определения координат при наличии в строю не менее, чем двух самолетов РЭБ .

Список литературы

1. Роберт Уолл/Вашингтон. Пентагон подкрепляет усилия по борьбе с ПВО // AW&ST, 26 августа, 2002.

2. Быков А. Разработка самолета РЭБ EA-18G «Growler» ВМС США // Зарубежное военное обозрение. 2007. № 1, С.47-49.

3. Зингер. Бенке. Оценка характеристик и выбор фильтров сопровождения в реальном масштабе времени для тактических систем вооружения // Зарубежная радиоэлектроника, 1972. № 1.

4. Зингер. Оценка характеристик оптимального фильтра для слежения за пилотируемой целью // Зарубежная радиоэлектроника, 1971. № 8.

5. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова, Изд. 4-е, перераб. и доп. 2010. 800 с.

Алгоритм синтеза и оптимизации релейных автоколебательных систем с цифровым регулятором

С.В. Феофилов, email: svfeofilov@mail.ru [1]
А.В. Козырь, email: kozyr_a_v@mail.ru [1]

[1] Тульский государственный университет

Аннотация. *Предлагается новый алгоритм синтеза релейных автоколебательных следящих систем с цифровым управлением. Его отличительной особенностью является учет дискретизации сигналов на этапе выбора параметров регулятора. Алгоритм основан на разработанных методах выделения всех возможных периодических движений в автономной системе и оценки их устойчивости. На основе компьютерного моделирования решается задача конечномерной оптимизации с ограничениями по критерию точности режима слежения. Приводится пример синтеза конкретной технической системы, на котором демонстрируются преимущества предлагаемого подхода. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 18-08-01141.*

Ключевые слова: *цифровая система управления, релейный регулятор, алгоритм синтеза, метод конечномерной оптимизации.*

Введение

Сегодня подавляющее большинство систем управления реализуются в цифровом виде. Это связано с тем, что современный цифровой контроллер является миниатюрной и надёжной системой, позволяющей реализовывать сложные законы управления. При этом основными достоинствами цифровых систем являются гибкая настройка параметров регулятора, простота его переноса на другой объект управления, а также возможность легко реализовать перестраиваемые, адаптивные алгоритмы управления.

Многие технические системы имеют релейное управление, которое изменяется скачком с минимально возможного до максимально возможного уровня и наоборот. Это энергетически выгодно, такой регулятор прост в настройке, обслуживании и эксплуатации. При этом алгоритмы синтеза релейных систем с цифровым управлением недостаточно разработаны.

© Феофилов С.В., Козырь А.В., 2020

1. Методы разработки цифровых систем управления

Известно два основных подхода к проектированию цифровых регуляторов (рис.1).

а б

Рис. 1. Структура методов синтеза цифровых систем управления

Самый простой способ проектирования цифровой системы управления состоит в представлении непрерывного закона управления в виде дифференциальных уравнений и последующая аппроксимация их конечными разностями. Структура такого подхода показана на рис. 1а. На первом этапе строится непрерывная модель объекта управления, далее по непрерывной модели разрабатывается непрерывный регулятор, причем на этом этапе никаким образом не учитывается влияние квантования. Затем происходит дискретизация спроектированного регулятора, причем частота выборки должна быть как можно выше (для лучшего соответствия непрерывного и цифрового регулятора). Этот метод разработки часто называют эмуляцией (синтез по непрерывному прототипу). Такой метод довольно распространен, поскольку он достаточно прост и обеспечивает хорошие результаты при высокой частоте выборки, хотя на этапе синтеза полностью игнорируется дискретизация процессов по времени, округлению по уровню. Основным препятствием для разработки цифрового регулятора с использованием метода эмуляции является то, что на практике требуемый период выборки может быть слишком маленьким и, следовательно, он не может быть реализован на конкретном оборудовании.

В настоящей работе рассматривается второй подход (рис.1б), при котором сразу используется дискретная модель объекта управления. В этом случае регулятор разрабатывается по дискретной модели. Недостатком этого метода является то, что изначально он ориентирован на применение к линейным системам. Действительно, для линейных объектов можно записать точную дискретную модель, в то время как для нелинейной системы это сделать невозможно. Следовательно, при разработке цифрового регулятора для нелинейной модели требуется учитывать указанные сложности.

Основным показателем качества для рассматриваемых в работе систем являются параметры амплитудно-частотной и фазовой частотной характеристик. К таким параметрам относится максимальное фазовое запаздывание на диапазоне частот входного сигнала, а также равномерность этих характеристик. Накладываются требования на параметры автоколебаний, на максимальную их частоту и амплитуду. Традиционно параметры автоколебаний оцениваются в автономной системе, что позволяет задачу синтеза разделить на задачу коррекции параметров автоколебаний и обеспечение точности режима слежения.

2. Алгоритм синтеза

В настоящее время в рамках метода фазового годографа [1] разработан единый алгоритм синтеза релейных систем, работающих в непрерывном времени, в котором задача настойки параметров корректирующих устройств представлена как задача конечномерной оптимизации с ограничениями. Однако, в данном алгоритме не учитывается влияние дискретизации, что может оказывать существенное влияние на параметры автоколебаний, устойчивость и точность режима слежения. Таким образом, в настоящей работе предлагается алгоритм синтеза цифровой автоколебательной системы управления, который будет проводиться по дискретной модели. Общая структура такого подхода показана на рисунке 2.

На первом этапе синтеза системы управления проводится анализ математической модели объекта управления. Часто автоколебательные регуляторы используют в таких системах, где параметры объекта изменяются в широком диапазоне значений (например, газовые следящие приводы). При этом применяют так называемый метод замороженных коэффициентов, при котором исходная система разбивается на ряд моделей, которые характеризуют динамику на всем интервале возможных режимов работы привода. Далее, для каждого режима работы происходит настройка параметров корректирующих устройств.

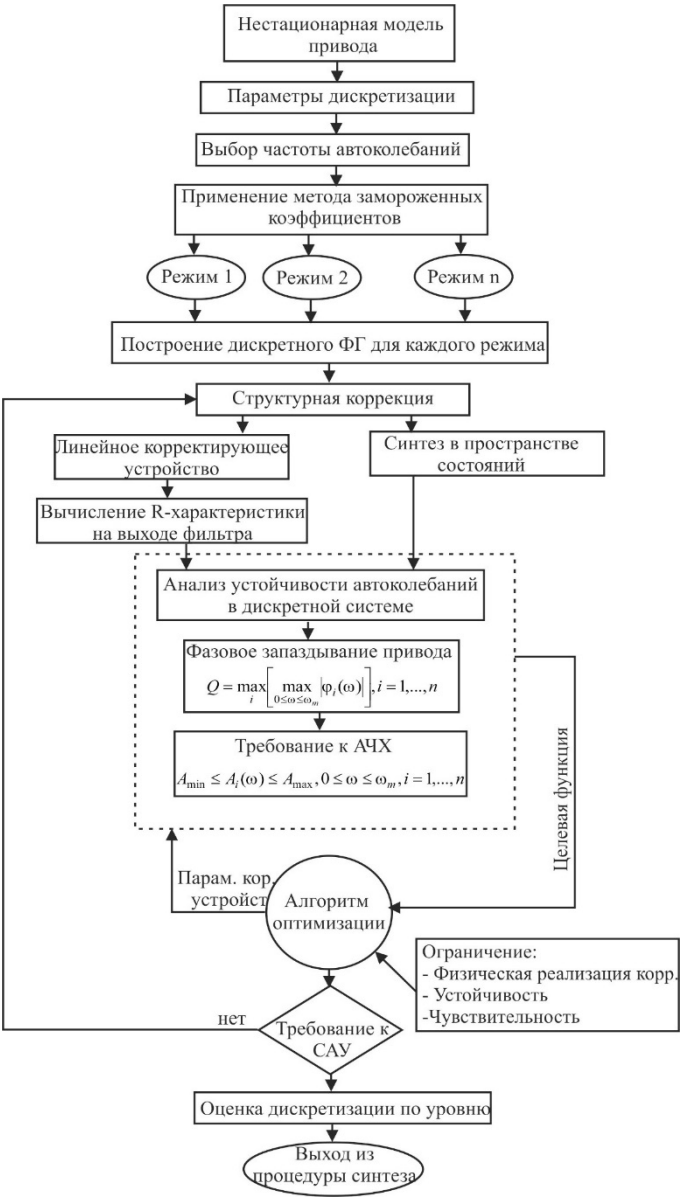


Рис. 2. Алгоритм синтеза релейной системы с цифровым управлением

На следующем этапе алгоритма синтеза задается частота дискретизации по времени T_s и уровню Δs. Для каждого режима строится дискретный фазовый годограф [2] релейной системы $y^*[MT_s]$. Так как период возможных периодических движений в автономной релейной системе всегда будет кратен периоду дискретизации, все возможные периоды автоколебаний можно определить, используя алгоритмы поиска симметричных периодических движений [2]. На этапе синтеза влияние дискретизации по времени можно учитывать как элемент запаздывания. На следующем этапе определяется желаемая частота автоколебаний $f_0 = \frac{1}{2M}$, где $M = kT_s$ – полупериод автоколебаний. Для обеспечения максимальной точности автоколебательной системы необходимо создать как можно более высокую частоту периодических движений в автономной системе. Однако, такая частота всегда будет ограничена технической возможностью объекта управления. Так, например, полоса пропускания электромеханического преобразователя обычно находится в диапазоне 100-200 Гц, при превышении этой частоты электромагнит не сможет отрабатывать полезный сигнал. Таким образом, в алгоритме синтеза на частоту автоколебаний должно накладываться ограничение.

Следующий этап состоит в структурной коррекции. Традиционно используют два подхода: синтез в пространстве состояний и с применением линейных корректирующих устройств. В первом варианте формируется вектор обратных связей по измеряемым фазовым координатам системы $\sigma(\mathrm{t}) = \mathbf{k}^{\mathrm{T}}\mathbf{x(t)}$. При таком подходе легко обеспечить коррекцию параметров автоколебаний, используя фазовый годограф, так как его компоненты будут умножаться на соответствующий коэффициент. Однако в большинстве практических случаев для измерения доступна лишь выходная компонента фазового вектора, а сам объект управления содержит различного рода нелинейности, что существенно ограничивает возможности такого подхода.

Другой подход состоит в использовании линейных корректирующих устройств $W_{кр}(A, B, p)$, включенных в контур ошибки, где $W_{кр}(A, B, p)$ – передаточная функция корректирующего устройства, A, B – вектор настраиваемых коэффициентов полинома передаточной функции корректирующего устройства. При использовании последовательного корректирующего устройства усложняется вычисление фазового годографа на выходе корректирующего звена, так

как параметры его на этапе синтеза неизвестны. В таком случае, как было показано в [3], периодический сигнал с выхода фильтра раскладывают в ряд Фурье. Ограничившись десятью членами можно приближено вычислить фазовый годограф на выходе корректирующего фильтра $x_{кр}(T_0)$.

$$x_{кр}(T_0) \approx \sum_{k=1}^{10} a_{2k-1} \operatorname{Re}\left(W_{кр}\left(j\frac{\pi}{T_0}(2k-1) \right) \right) + b_{2k-1} \operatorname{Im}\left(W_{кр}\left(j\frac{\pi}{T_0}(2k-1) \right) \right) \quad (1)$$

Так как задача настройки параметров корректирующих устройств решается как задача конечномерной оптимизации, то ограничениями на параметры фильтра является возможность его физической реализации. Такое условие в общем виде можно сформулировать в виде ограничений типа неравенство $A/B \le 10\ldots15$, где A, B – соответственно порядок полинома числителя и знаменателя.

В качестве критерия синтеза для следящих автоколебательных систем часто принимается максимальное фазовое запаздывание на диапазоне входных частот $Q(k) = \max\limits_{\omega_0 \le \omega \le \omega_1} \left|\arg\left(\Phi(\omega,k)\right)\right|$, где $\left|\arg\left(\Phi(\omega,k)\right)\right|$ – фазовая частотная характеристика привода, k – вектор корректирующих устройств. На амплитудно-частотную характеристику замкнутой системы также накладываются ограничения. Она должна быть близка к единице на диапазоне частот входного сигнала $\omega_0 \le \omega \le \omega_1$.

Вычисление амплитудной и фазовой частотной характеристики является наиболее трудным этапом синтеза релейного привода. Универсальным методом здесь является численное моделирование и выделение из выходного сигнала первой гармоники ряда Фурье. Такой подход позволяет учитывать все нелинейности объекта управления. Недостаток его состоит в том, что требуется большое (иногда недопустимо большое) время моделирования для построения частотной характеристики, особенно в том случае, если имеется значительный диапазон частот входных сигналов и высокий порядок объекта управления. На этапе синтеза происходит многочисленное обращение к целевой функции, что может существенно увеличить по времени процедуру синтеза релейной системы. Альтернативным подходом является использование приближенных методов линеаризации автоколебательной системы управления по полезному сигналу. Для непрерывных релейных систем управления известны два типа линеаризации [4]. Первый метод – метод «классической» линеаризации (релейный элемент заменяется эквивалентным коэффициентом передачи по полезному сигналу.) Такой метод отличается высокой точностью,

однако требует большого объема предварительных вычислений и сложно применим в случае нелинейного объекта управления. Второй метод – метод дискретной линеаризации [5]. Исследование релейной системы сводится к анализу некоторого линейного разностного уравнения, по которому можно достаточно просто построить частотную характеристику.

Как показано на рисунке 2 методика синтеза системы состоит из трех блоков. Первый – построение нестационарной модели объекта управления (в случае если объект управления является нестационарным) и применение метода замороженных коэффициентов. Второй пункт вычисление критерия оптимизации (параметры периодического движения, устойчивость режима слежения, линеаризация). Третий раздел – конечномерная оптимизация (предлагается использовать метод роя частиц [6]).

3. Пример синтеза цифровой релейной системы с линейным объектом управления

Далее на примере проведен сравнительный анализ синтеза релейной системы управления по непрерывной модели без учета дискретной реализации корректирующих устройств на этапе параметрической оптимизации и, учитывая дискретизацию по времени. Структурная схема рассматриваемой системы показана на рис.3.

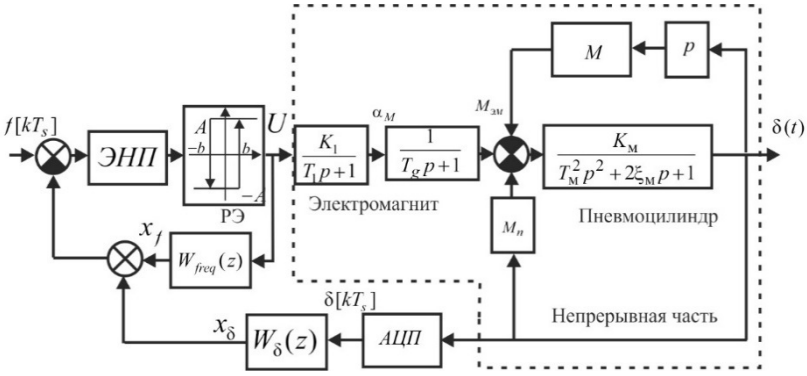


Рис. 3. Структурная схема следящего пневмопривода

На рис.3 $W_\delta(z)$ - дискретный фильтр, обеспечивающий коррекцию фазовой частотной характеристики системы. Фильтр $W_{freq}(z)$ обеспечивает желаемую частоту автоколебаний. Параметры релейного элемента: $A=27$, $b=0.01$. Период дискретизации $T=0.01(c)$.

Параметры объекта управления: $K_1 = 7, T_1 = 0.001, K_m = 1, T_M = 0.001, \xi_M = 0.001,\ T_g = 0.025$.

Желаемая частота автоколебаний $f_{авт} = 110 Гц$. Данную частоту следует поддерживать с помощью колебательного звена в обратной связи релейного элемента. Коэффициент усиления указанного звена можно рассчитывать, исходя из желаемой частоты $f_{авт}$, по формуле (2), которая следует из условий переключения релейного элемента [1].

$$K_{кр}(f_{авт}) = \frac{(-b - x_\delta)T_{кр}^2}{P(1,2)}, \qquad (2)$$

где $P(1,2) = (e^{\mathbf{A}_\phi MT_s} + I)^{-1}(e^{\mathbf{A}_\phi MT_s} - I)\mathbf{A}_\phi^{-1}\mathbf{B}_\phi\mathbf{A}$, $\mathbf{A}_\phi = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{T_{кр}^2} & -\frac{2\xi}{T_{кр}} \end{pmatrix}$,

$$\mathbf{B}_\phi = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{K_{кр}}{T_{кр}^2} \end{pmatrix}.$$

При расчете этого параметра необходимо учитывать дискретную реализацию, приняв остальные параметры так, чтобы в системе установились устойчивые автоколебания.

Для сравнения в таблице 1 приведены результаты работы алгоритма синтеза без учета дискретизации и предлагаемого алгоритма.

Таблица

Параметры корректирующих устройств

Синтез по непрерывной модели	Синтез по дискретной модели
$W_\delta = \frac{11.63z - 11.63}{z - 0.9997}$	$W_\delta = \frac{10.15z - 10.15}{z - 0.9996}$
$W_{freq} = \frac{7.685 \cdot 10^{-5} z + 7.685 \cdot 10^{-5}}{z^2 - 1.994z + 0.994}$	$W_{freq} = \frac{22.38z - 22.37}{z^2 - 0.9996}$

Численное моделирование показывает, что цифровая реализация системы, синтезированной без учета дискретизации, приведет к уменьшению частоты автоколебаний. Она составит 62,5 Гц при желаемой 110 Гц. Соответственно увеличивается амплитуда автоколебаний и фазовое запаздывание привода. Для иллюстрации на рис.4 приведены фазовые частотные характеристики привода,

синтезированного предлагаемым алгоритмом, и методом фазового годографа без учета дискретизации.

Из рисунка видно, что учет дискретизации в алгоритме синтеза позволяет уменьшить максимальное фазовое запаздывание на 18,5%.

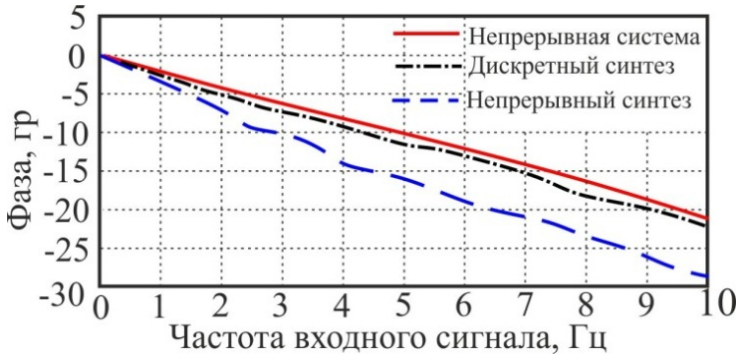


Рис. 4. Фазовые частотные характеристики привода

Заключение

Таким образом, предложен алгоритм синтеза и оптимизации цифровых регуляторов для релейных автоколебательных следящих систем автоматического управления. Показано, что его применение позволяет учитывать дискретность сигналов уже на этапе расчета параметров коррекции, что в свою очередь повышает точность режима слежения.

Список литературы

1. Фалдин, Н.В., Исследования периодических движений в релейных системах, содержащих звенья с ограничителями / Н.В Фалдин, С.В. Феофилов // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2007. №3. С.15-27.

2. Феофилов, С.В. Анализ периодических движений в цифровых автоколебательных системах управления / С.В. Феофилов, А.В. Козырь, // «Мехатроника, автоматизация, управление» 2018 г. №9 С. 587—594 DOI: 10.17587/mau.19.587-594

3. Козырь, А.В. Синтез системы управления воздушно-динамического рулевого привода, работающего в режиме ШИМ / А. В. Козырь, С. В. Феофилов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016.– Вып. 12.– Ч. 4. – С. 105-113.

4. Моржов, А.В. Линеаризация по полезному сигналу релейных систем управления, содержащих звенья с ограничителями. / А.В.

Моржов, Н.В. Фалдин // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2007. №3. С. 5-15.

5. Фалдин, Н.В Дискретная линеаризация по полезному сигналу релейных автоколебательных систем управления / Н.В. Фалдин, А.В. Моржов. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. №11. С.13-19.

6. Larkin E.V., Feofilov S.V., Kozyr A. (2019) Parameters Optimization of Relay Self-oscillations Sampled Data Controller Based on Particle Swarm Optimization. In: Tan Y., Shi Y., Niu B. (eds) Advances in Swarm Intelligence. ICSI 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11655. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26369-0_10

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 18-08-01141.

Информационная система управления фарами транспортного средства в условиях недостаточной освещённости

Д. Е. Хныкин, email: hnykin.den@yandex.ru [1]
Я. А. Туровский, email: yaroslav_turovsk@mail.ru [1,2]
С. В. Борзунов, email: sborzunov@gmail.com [1]

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»
[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук

Аннотация. *В работе рассматривается информационная система управления фарами транспортного средства в условиях недостаточной освещённости. Принцип работы связан с фиксированием положения головы пользователя (водителя) на основе технологий гироскопов и акселеметрии.*

Ключевые слова: *Эргатическая информационная система, освещенность дорожного полотна, информационная система управления фарами транспортного средства в условиях недостаточной освещённости.*

Введение

Подавляющее большинство автомобилей не содержат на борту устройств, которые меняли бы освещение дорожного полотна в зависимости от характера направления взгляда водителя с учетом траектории транспортного средства. Таким образом, разработка информационной системы, обеспечивающей изменение освещенности дорожного полотна в зависимости от выбора водителем траектории движения транспортного средства, представляет собой актуальную задачу. Очевидно, что данное решение должно быть максимально функциональным при относительно невысокой стоимости. Устройство (фара) должно поворачиваться вправо или влево на определенный угол в отличие от штатных фар, которыми оборудован автомобиль. При этом, управление углом поворота этого устройства должно осуществляется с учётом траектории движения транспортного средства и реакции водителя, что позволяет, особенно на поворотах, увеличивать площадь освещения той области, в которую направляется автомобиль.

© Хныкин Д. Е., Туровский Я. А., Борзунов С. В., 2020

1. Цель исследования

Разработка функционирующего макета устройства, которое обеспечило бы изменение освещенности дорожного полотна в зависимости от выбора водителем траектории движения транспортного средства.

2. Принцип работы информационной системы.

Принцип работы информационной системы основывается на двух ключевых подходах:

- Физиологическая часть: водитель непроизвольно поворачивает голову в сторону предполагаемой траектории движении или значимых участников дорожного движения.
- Техническая часть: угол поворота головы несёт информацию о предполагаемой водителем траектории движения собственного транспортного средства.

Поворот головы можно зафиксировать положением датчика гироскопа-акселерометра. Для того чтобы отличить поворот головы водителя от поворота его корпуса или поворота самого транспортного средства нужен второй датчик гироскоп-акселерометр. Разница полученных с двух датчиков данных показывает поворот головы водителя. Эти данные переводятся с помощью оригинального алгоритма в управляющие команды для шагового двигателя, прикреплённого к фаре.

Разработано два варианта использования информационной системы. Первый – обеспечивает активацию при повороте руля на определённый угол вправо или влево (данный угол легко отследить, если автомобиль оснащен электроусилителем руля). Таким образом, включение информационной системы осуществляется автоматически при начале маневра. Второй – в удобном для водителя месте будет установлена физическая кнопка для активации алгоритма, удобно будет её интегрировать в область, где на современных автомобилях установлена система «мульти руль». При таком варианте использования, водитель также имеет возможность самостоятельно управлять фарой, например, когда нужно, при движении по ровной дороге подсветить участок обочины.

Таким образом, осуществляется конвергенция двух потоков информации:

- Поток информации с туловища водителя, несущий информацию о его положении и положении транспортного средства.
- Поток информации с головы водителя, несущий информацию о её повороте.

Взаимодействие двух этих потоков и обеспечивает поворот фар.

3. Конструкционные особенности устройства

Аппаратная часть информационной системы состоит из следующих частей: микроконтроллера, который обрабатывает данные с датчиков, напряжение в бортовой сети автомобиля, напряжение лампы фары, и обратную связь с шагового двигателя. Два датчика акселерометра/гироскопа для мониторинга положения головы водителя. Шаговый двигатель является управляемым устройством, которое осуществляет движение фары, даёт обратную связь о положении фары. Два концевых выключателя уведомляют микроконтроллер, когда фара физически находится в крайних положениях. Фара от автомобиля, для построения макета была использована фара, от классического автомобиля ВАЗ (2101 в данном случае).

Заключение

Разработана информационная система, которая обеспечивает изменение освещенности дорожного полотна в зависимости от выбора водителем траектории движения транспортного средства, таких как: недостаточная освещённость обочины и нужных в данный момент по ходу движения участков дорожного полотна, движение по кольцевому участку дороге в тёмное время суток. Первый этап развития системы представлен на YouTube-канале [1]. Перспективы дальнейшей разработки связаны с созданием системы интегрированной в корпус транспортного средства и повышение эргономичности системы для водителя.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант №19-07-01037_а).

Список литературы

1. Демонстрация реализации информационной системы [Электронный ресурс] : Youtube-канал. – Режим доступа: https://youtu.be/fO0kcjuo5G0

Задача геопозиционирования объекта

М. В. Ширяева, email: shiryaevamariya@yandex.ru
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com
В.А. Мещеряков, email: netshuttle@mail.ru[1]
Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработка приложения для определения местоположения абонента по номеру мобильного телефона в интересах расследования преступлений.*

Ключевые слова: *алгоритмы, биллинг, криминалистика, компьютерная экспертиза.*

Введение

Одним из действенных способов получения новых или проверки имеющихся доказательств в ходе расследования уголовного дела является определение местоположения человека в конкретный момент времени по номеру его мобильного телефона. Это становится возможным благодаря тому, что современный человек практически никогда не расстается с телефоном.

При этом знание номера мобильного телефона, часто позволяет определить, не только текущее местоположение его владельца, но и проследить его пространственные перемещения в прошлом. Определение местоположения осуществляется за счет обработки биллинговой информации имеющейся в распоряжении каждого оператора связи.

Однако данная информация может быть предоставлена только компетентным органам в рамках следственного действия «Получение информации о соединениях между абонентами и (или) абонентскими устройствами», предусмотренного статьей 186.1 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации и только на основании судебного решения [1]. В большинстве случаев объемы предоставляемой оператором связи биллинговоой информации столь велики, что ее эффективное использование без применения специальных программ обработки не представляется возможным.

© Ширяева М. В., Воронина И. Е., Мещеряков В.А., 2020

Данная работа посвящена разработке программы, определяющей по номеру мобильного телефона местоположение человека в конкретный момент времени (страну, регион, город и улицу на которой базовой станцией были зафиксированы сигналы мобильного телефона). Программа протестирована на сгенерированных данных и может быть использована в научных и практических целях для решения криминалистических задач.

1. Общий анализ задачи

В случае, если абонент пользуется услугами сотовой связи (совершает или принимает звонки, отправляет SMS-сообщения, пользуется GPRS), информация о его действиях сохраняется в виде файла в памяти сервера у оператора связи.

Анализ данных о сеансах связи абонента с различных базовых станций позволяет восстановить все перемещения абонента в прошлом. Такие данные автоматически регистрируются в компьютерах компаний. В зависимости от вида оператора связи подобная информация хранится от 60 дней до 7 лет. Этот метод установления перемещений абонента используется правоохранительными органами при расследовании уголовных дел. Он дает возможность восстановить с точностью до минуты, где был владелец мобильного телефона, с кем встречался (если второй человек также пользовался сотовым телефоном), как долго происходила встреча или был ли подозреваемый поблизости от интересующего места в конкретный момент времени.

Так как данные абонентов не находятся в открытом доступе, было принято решение разработать программу на основе тестовых данных, которые по своей структуре аналогичны реальным, получаемым с базовых станций.

Структура данных представлена в таблице.

Структура данных

№ п/п	Атрибут	Описание	Тип данных
1	CTN	Номер абонента	STRING
2	IMSI	Международный идентификатор мобильного абонента	STRING
3	ENSEMBLE	Статус сим карты: 1- Номер, ожидающий продажи 2-Номер активен 3-Номер заблокирован	INTEGER

№ п/п	Атрибут	Описание	Тип данных
		4-Отключенный	
4	START_TIME	Время начала	DATE
5	END_TIME	Время окончания	DATE
6	EVENT	Событие: 1-СМС 2-Звонок 3-GPS	INTEGER
7	LATITUDE	Широта	DOUBLE
8	LONGITUDE	Долгота	DOUBLE
9	OPERATOR_CODE	Код оператора	INTEGER

Задача заключается в разработке программного обеспечения, позволяющего на тестовых данных определять местонахождение человека.

2. Анализ существующих решений

На данный момент существует автоматизированная информационная система технических средств по обеспечению оперативно-розыскных мероприятий (АИС СОРМ [2]), которая используется при раскрытии расследовании преступлений.

При этом СОРМ позволяет не только фиксировать сведения о сообщениях и абонентах, отославших и принявших их, но и контролировать – производить отсев необходимых переговоров (сообщений) по различным техническим и лексическим параметрам, указанным в постановлении следователя. Доступ к данной информации следователь может получить только на основании решения суда.

Однако, несмотря на все плюсы СОРМ, эксплуатация и целевое использование этой программы жестко регламентировано действующим законодательством целым рядом ведомственных нормативных правовых актов.

При этом для решения научных задач, не связанных с расследованием конкретного уголовного дела криминалисты не могут воспользоваться данным программным комплексом. В связи с этим они не могут ставить вычислительные эксперименты, формулировать и и решать исследовательские криминалистические задачи.

3. Реализация

Для реализации задачи использовались следующие средства:

– проектирование диаграмм класса и диаграммы вариантов использования – StarUML;

– среда разработки – IntelliJIDEACommunityEdition 2.4;
– язык разработки Java;
– реляционная система управления базами данных MySQL;
– векторный графический редактор – Adobe Illustrator.
Архитектура приложения представлена на рис. 1.

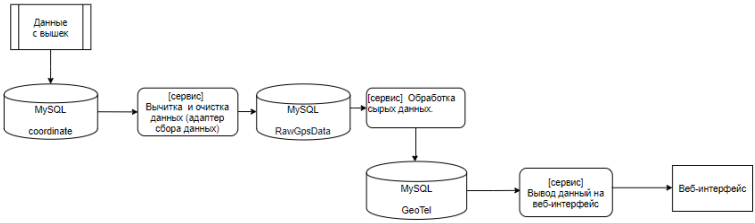


Рис. 1. Архитектура приложения

4. Интерфейс пользователя

Для получения данных по месту нахождения человека, пользователю необходимо ввести номер телефона в окно и нажать на кнопку «Найти». Пример интерфейса приведен на рис. 2.

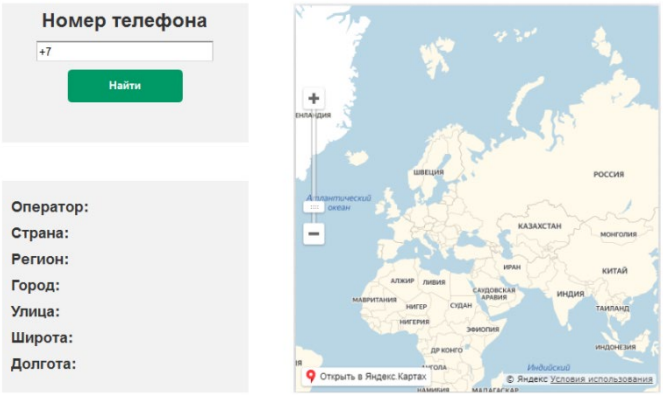


Рис. 2. Архитектура приложения

Заключение

Результатом проделанных исследований является программа, работающая в тестовом режиме. Программа реализует алгоритмы определения местоположения владельца мобильного телефона (страна, регион, город, улица) на основе тестовых данных, которые по своей структуре аналогичны реальным, получаемым с базовых станций.

Данная программа может быть использована в дальнейшем для проверки криминалистических научных гипотез о пространственно-временном поведении участников различных видов преступлений в заданный интервал времени.

Список литературы

1. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18 декабря 2001 года № 174-ФЗ (в актуальной редакции) // СПС «Консультант Плюс» URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/ (дата обращения 04.01.2020).

2. СОРМ // Википедия [Электронный ресурс] – URL: http:/ru.wikipedia.org/wiki/СОРМ (дата обращения 04.01.2020).

Секция 3
Технологии обработки и защиты информации

Алгоритм конвертации сфокусированного радиолокационного изображения и метаданных в стандартизированный формат представления

Е. Р. Адамовский, e-mail: adamovskiy.y@pdu.by[1]
Р. П. Богуш, e-mail: bogushr@mail.ru[1]
Н. М. Наумович, e-mail: naumovich@bsuir.by[2]

[1]Полоцкий государственный университет
[2]Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Рассмотрен алгоритм представления радиолокационных данных в формате HDF5 с учетом его иерархии и особенностей обработки специализированными приложениями. Основные шаги его требуют преобразования исходных данных, формирования структуры целевого файла и последовательную запись согласно спецификации продукта, включая идентификационные, калибровочные, позиционные и геодезические значения. Представлены результаты обработки радиолокационного изображения с применением специализированного программного обеспечения, которые подтверждают корректность записи метаданных и сфокусированных данных в стандартизированный формат на основе представленного алгоритма.*

Ключевые слова: *дистанционное зондирование Земли, радиолокационное изображение, формат данных, HDF5.*

Введение

В настоящее время системами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) наиболее широко используется уровень представления данных 1А. Радиолокационные изображения (РЛИ) сопровождаются метаданными, т.е. дополнительной информацией, необходимой для обработки и идентификации продукта, который хранится в определенном формате. Практически каждая спутниковая система отличается использованием специализированного формата, поскольку не существует утвержденного и обязательного применения Международного стандарта [1-2]. При этом продукты спутниковых систем имеют общие компоненты: радиолокационные данные в виде матрицы отсчетов, орбитальные векторы спутника, его технические характеристики, параметры сцены, идентификаторы продукта.

© Адамовский Е. Р., Богуш Р. П., Наумович Н. М., 2020

При разработке новой системы ДЗЗ на базе радиолокационного синтезирования апертуры (РСА) или для обеспечения возможности более эффективной обработки данных, полученных предшествующими системами ДЗЗ, необходим выбор и применение формата хранения и представления радиолокационных данных и метаданных [3]. Решение задачи в значительной мере определяет удобство работы со спутниковой информацией при ее обработке в наземном сегменте: совместимость со специализированным программным обеспечением (ПО), возможность дополнения или изменения продукта новыми данными, быстродействие.

Среди используемых форматов перспективным является Hierarchical Data Format (HDF5) [4], поскольку он имеет возможность хранения радиолокационных данных и метаданных как в едином, так и в нескольких файлах без ограничений на количество записанной информации, для его поддержки разработаны библиотеки на многих распространенных языках, является открытым форматом и совместим со специализированным прикладным программным обеспечением.

1. Алгоритм представления данных в HDF5

В формате используется иерархическая структура, элементами которой являются каталоги, наборы данных и атрибуты. Применяются стандартные представления данных для совместимости с другими программными средствами: int; uint; float; double; string.

В продукте уровня 1A корневой каталог и вложенные группы S01 и B001 содержат информацию о полученных данных в текущем режиме съемки и определенном уровне представления, параметры их обработки, а также обобщенно описывают продукт в целом. Массивы данных SBI (Single Beam Image) и QLK (Quick Look) представляют сфокусированное двухканальное РЛИ и одноканальную копию с меньшим разрешением для возможности быстрого просмотра [5].

Формат используется действующей системой COSMO-SkyMed, которой предоставляются продукты уровней 1A-1D. Представление спутниковых данных в HDF5 должно быть реализовано с учетом спецификации продукта этой системы ДЗЗ для возможности проверки адекватности записи специализированным ПО [6]. С учетом этого предлагается алгоритм представления радиолокационных данных в формате HDF5, включающий следующие основные шаги:

1. Преобразование входных данных. Спецификацией COSMO-SkyMed [7] установлен тип набора данных для РЛИ – int16 в виде трехмерного массива, содержащего синфазный и квадратурный каналы. Сфокусированное изображение уровня 1A должно быть взвешенным и радиометрически выровненным в наклонно-азимутальной проекции, а также аннотированным параметрами географической привязки.

2. Формирование файла HDF5. Файлу необходимо иметь набор базовых атрибутов для идентификации его как продукта системы ДЗЗ, включая данные орбитальных состояний спутника в системе отсчета ECEF (Earth Centred - Earth Fixed), их количество и точки привязки по времени, а также ширину полосы съемки, время передачи пакета данных и полиномиальные коэффициенты.

3. Запись преобразованных радиолокационных данных и метаданных. Адрес хранения, наименование и форма записи компонентов продукта должны соответствовать спецификации продукта. Атрибуты, отражающие физические величины, требуется определить в единицах системы СИ. Формат записи всемирного координированного времени UTC (Coordinated Universal Time) – привести к виду ГГГГ-ММ-ДД чч:мм:сс.мс.

Спецификация продукта COSMO-SkyMed выделяет области атрибутов согласно их назначению, что определяет особенности записи радиолокационных данных в его структуру, рассмотренные ниже.

РЛИ содержит набор ключевых точек, являющихся координатами его географической привязки. Для продукта COSMO-SkyMed такими точками служат координаты его угловых элементов (Bottom Left Geodetic Coordinates, Bottom Right Geodetic Coordinates, Top Left Geodetic Coordinates, Top Right Geodetic Coordinates). Для корректного представления РЛИ необходимо наличие атрибутов Samples per Pixel (количество каналов данных), Sample Format (тип данных), Bits per Sample (количество памяти на пиксель).

Атрибуты разрешения данных (область Processing) дают информацию о масштабах сцены и используются для геометрических преобразований: Column Spacing (интервал между столбцами РЛИ), Line Spacing (интервал между строками РЛИ).

Калибровочные данные представлены в области Calibration, содержащей различные эталонные значения. Ключевой атрибут Calibration Constant отображает пропорцию между целевой энергией в исходном продукте и фактическим обратным рассеянием.

Ключевые значения времени начала и конца генерации продукта хранятся в атрибутах Azimuth First/Last Time, а также дополнительно в Zero Doppler Azimuth First/Last Time и Zero Doppler Range First/Last Time, определяющих время получения первых и последних строк и столбцов соответственно.

Векторы состояния спутника определяют траекторию орбитального тела и задаются атрибутами области Platform: количество векторов, отсчеты по времени, положения спутника и его скорости в системах ECEF и ECI.

Блок записи допплеровских коэффициентов связан с базовым атрибутом Centroid vs Range Time Polynomial (область Doppler), который содержит массив полиномиальных коэффициентов функции, аппроксимирующей полученные данные допплеровских частот.

Блок записи вторичных параметров продукта определяет атрибуты, необходимые для представления продукта, не использованные в других блоках. К ним относятся данные области Instrument: информация о поляризации и длине антенны, частоты радара и импульсов. Область PCD (Precise Orbit Determination) содержит параметры для точного определения орбиты и данные об изображении, например, процент перенасыщенных и недонасыщенных пикселей относительно пороговых значений, установленных в области Thresholds. Атрибуты области Specification перечисляют технические характеристики системы.

2. Результаты моделирования

В качестве исходных данных для моделирования использовался продукт системы ДЗЗ ERS-1 со сфокусированным РЛИ. Особенностью продукта является отсутствие информации о координатах угловых элементов изображения, в таком случае необходимые значения должны быть получены аналитически. Учтены и другие особенности, например, отличная от продукта COSMO-SkyMed форма записи UTC, иные величины измерения ряда параметров и текстовый формат числовых данных. На рис. 1 представлен скриншот работы приложения NEST 5.1 с результатом моделирования: область с РЛИ, обработанным инструментом Reprojection, с наложением виртуальной сетки координат.

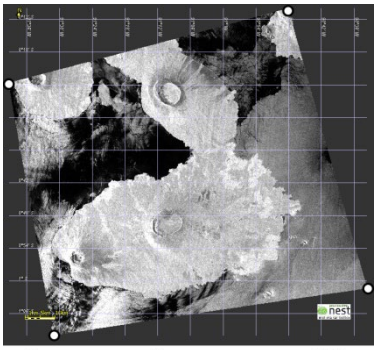
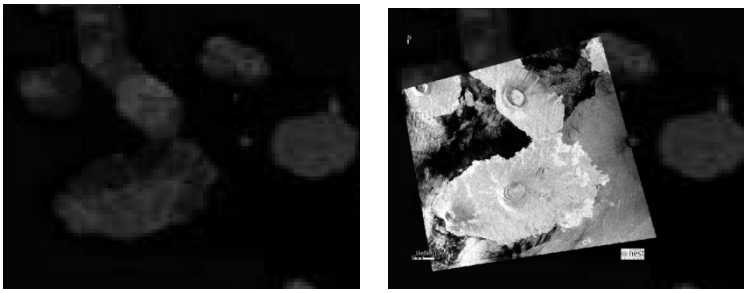


Рис. 1. Обработанное инструментом Reprojection радиолокационное изображение в NEST 5.1

Инструмент Reprojection в NEST 5.1 искажает РЛИ так, чтобы координаты угловых элементов изображения совпадали с координатами на географической земной сетке, при этом используется информация о геоиде, межпиксельном и межстрочном интервалах РЛИ. Для полученного изображения доступен режим проекции на карту Земли NASA Blue Marble, которая отображается в NEST 5.1. Участок этой карты (рис. 2а), содержащий спутниковое изображение островов (светлые участки) на фоне океана (темная заливка), может быть использован для наложения обрабатываемого РЛИ (рис. 2б).



а б

а - участок карты NASA Blue Marble, б - аналогичный участок карты с проекцией результирующего изображения

Рис. 2. Проекция РЛИ на прямоугольную координатную сетку

Сравнение рис. 2а и 2б демонстрирует совпадение очертаний объектов исходной карты и проекции, что подтверждает правильное выполнение данной операции за счет корректного представления метаданных в формате HDF5.

Заключение

Разработан алгоритм представления набора метаданных и сфокусированных радиолокационных данных РСА системы ДЗЗ в стандартный формат HDF5, позволяющий выполнять дальнейшую обработку с использованием специализированного ПО. Алгоритм включает формирование файла HDF5, преобразование исходных данных согласно спецификации COSMO-SkyMed и их запись.

Адекватность алгоритма проверена результатами дальнейшей обработки РЛИ, подтверждающими корректность записи радиолокационных данных в формат HDF5 с применением ПО NEST 5.1 на примере обработки продукта системы ДЗЗ ERS-1.

Список литературы

1. Полетаев, А. М. Стандартизация радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли как процедура описания показателей их информативности / А. М. Полетаев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Т. 1. – № 5. – С. 303-310.

2. Беленов, А. В. Стандартные уровни обработки и форматы представления данных ДЗЗ из космоса. Мировой опыт / А. В. Беленов // Геоматика. – 2009. – № 4. – С. 18-202.

3. View Seasat HDF5 Data [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://www.asf.alaska.edu/asf-tutorials/data-recipes/view-seasat-hdf5-data/

4. HDF5 Support Page [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : https://portal.hdfgroup.org/display/HDF5/HDF5

5. Адамовский, Е. Р. Преобразование выходного продукта системы дистанционного зондирования Земли SENTINEL-1 в формат HDF5 / Е. Р. Адамовский, Р. П. Богуш // Информация и космос. – 2019. – № 3. – С. 102-113.

6. Адамовский, Е.Р. Особенности представления радиолокационных данных ДЗЗ в формате HDF5 / Е. Р. Адамовский, Р. П. Богуш // Современные средства связи: материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф., 17-18 окт. 2019 года, Минск, Респ. Беларусь; редкол. : А. О. Зеневич [и др.] – Минск: Белорусская государственная академия связи, 2019. – С. 117-118.

7. COSMO-SkyMed SAR Products Handbook [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : http://www.cosmo-skymed.it/docs/ASI-CSM-ENG-RS-092-A-CSKSARProductsHandbook.pdf

Профилирование поведения пользователя почтового сервиса в целях выявления аномалий

Ю. Н. Архипов, email: yur.arhipoff2017@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище

Аннотация. *В статье рассматривается принцип функционирования электронной почты и наиболее распространённые средства, применяемые для её защиты. Представлен пример применения анализа данных log-файлов почтового сервера методом профилирования.*

Ключевые слова: *DKIM, DMARK, SPF, профилирование, электронная почта.*

Введение

Актуальность проведения мероприятий по обеспечению безопасности и мониторинга состояния почтовых сервисов диктуется, в первую очередь, их неизменной популярностью среди пользователей сети общего пользования (далее - ОП) Интернет. Ежедневно отправляется около 294 млрд электронных сообщений, среди которых более 90% – это спам и вредоносное программное обеспечение (далее - ВПО).

Различные метрики субъектов обмена электронной почтой сохраняются в log-файлах серверов, реализующих возможность её функционирования. Тем самым, делая их источником данных для анализа.

Для того чтобы разобраться в том, какие угрозы может представлять электронная почта, необходимо подробно рассмотреть организацию обмена сообщениями между отправителем и получателем на каждом этапе жизненного цикла электронного сообщения, а также – какие методы и средства защиты применяются для их устранения.

1. Принципы функционирования электронной почты

Первоначально пользователь должен войти в свой почтовый ящик с помощью пользовательского агента, предварительно пройдя процедуры авторизации и аутентификации. После этого устанавливается связь с почтовым сервером данного пользователя, отправляется запрос на проверку наличия новых писем, затем приходит соответствующий ответ от сервера.

© Архипов Ю. Н. 2020

На этом этапе для получения информации от сервера используются протоколы прикладного уровня IMAP и POP. Протокол IMAP более сложный по сравнению с POP, отсюда возникает преимущество последнего в надёжности и защищённости.

Затем пользователь имеет возможность сформировать электронное письмо с любым содержимым, в том числе спамом и ВПО. Сегодня именно электронная почта играет роль основного канала распространения вредоносных программ самых разных типов. Наиболее распространённые способы распространения ВПО почтовыми сообщениями:

– в форме вложений;
– в форме ссылок на вредоносные (заражённые) ресурсы.

На заключительном этапе сформированное сообщение отправляется получателю (рис. 1):

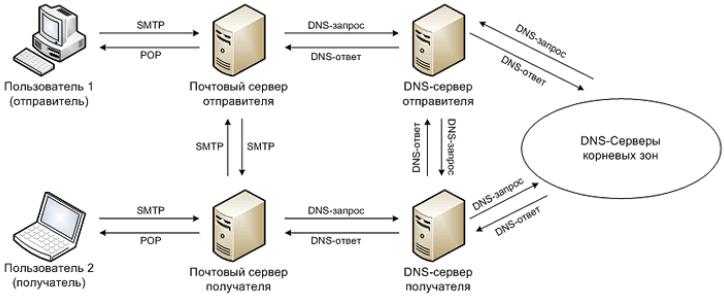


Рис. 1. Алгоритм обмена электронной почтой

Доступ к интерфейсу управления своим почтовым ящиком пользователь осуществляет через пользовательский почтовый агент (MUA – Mail User Agent). Процесс отправки сообщения выполняется агентом пересылки почты (MTA – Mail Transfer Agent), а процесс получения сообщения – агентом доставки почты (MDA – Mail Delivery Agent) (рис. 2).

2. Защита электронной почты

Для реализации многоуровневой защиты используется множество различных заслонов и фильтров. Одними из важнейших аспектов можно назвать наличие сильных средств аутентификации (например, двухфакторной) и наличие шифрования траффика. Данные меры сводят на нет целый ряд угроз, связанных с прослушиванием и перехватом трафика, гарантируя (в высокой степени) при этом конфиденциальность передаваемой информации. Не стоит забывать и об антивирусных

средствах – почтовые антивирусы, которые автоматически проводят сканирование писем и прикреплённых файлов на присутствие ВПО; программы анти-спамы – отвечают за выявление нежелательных рассылок [2].

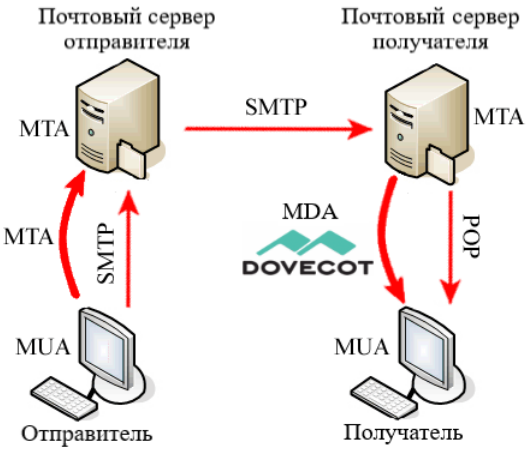


Рис. 2. Процессы отправки и получения сообщений электронной почты

Чтобы хоть как-то снизить влияние недостатков стандартных протоколов разработаны специальные расширения (дополнительные протоколы). Одним из таких расширений является SPF (Sender Policy Framework) [6], благодаря которому домен электронной почты может указывать какие хосты сети Интернет авторизованы использовать этот домен в командах протокола SMTP HELO и MAIL FROM. Но SPF не оказывает совершенно никакого влияния на адрес отправителя, который отображается пользователю. Это объясняется тем, что SPF вообще не работает с содержимым письма, которое видит пользователь. Расширение лишь авторизует и проверяет адреса на уровне SMTP между двумя MTA. Данные адреса невидимы для пользователя и могут отличаться от тех, которые ему видны.

Более интересным средством является DKIM (Domain Keys Identified Mail) [3], представленный в форме цифровой подписи. При этом DKIM оставляет возможность манипулирования открытым контентом. Так, проанализировав какие заголовки письма попадают под подпись, путём изменения открытых заголовков, можно добиться того,

что одинаковая DKIM-Signature будет сформирована для двух писем, с совершенно разным содержимым.

Объединением сильных сторон SPF и DKIM является техническая спецификация DMARC (Domain-based Message Authentication, Reporting and Conformance) [4], реализующая идентификацию почтовых доменов отправителей на основании правил и признаков, заданных на почтовом сервере получателей. Данная идентификация происходит посредством использования механизмов SPF и DKIM (рис. 3). По сути, DMARC – протокол политики, который указывает откуда принимать почту, откуда её принимать не следует и что делать если письмо не прошло идентификацию (проверку соответствия). На данном этапе открывается небольшой недостаток данного протокола: можно создать такое электронное письмо, которое пройдёт ряд пересылок между серверами, но достигнув сервера с политикой DMARC, не пройдёт её и будет отправлено отчётом отправителю, тем самым, последний получит информацию обо всей пересылке.

Рис. 3. Применение DKIM

Перечисленные средства и методы в комплексе позволяют выстроить многоуровневую систему защиты почтовой системы. Но, как

показывает практика, злоумышленникам удаётся обойти каждое из этих средств и подвергнуть опасности каким-либо образом защищаемую систему [5].

Дело в том, что все средства защиты имеют довольно широкий спектр действия, что является их своеобразным недостатком. Ведь при целевой атаке злоумышленник подготавливает базу для дальнейших действий, точно следуя заранее разработанной тактике. Это заключается в его заблаговременной осведомлённости о том, что сигнатура разработанного им ВПО отсутствует в базах антивируса; в каком формате прикреплённого файла или ссылки (на заражённый ресурс) ВПО имеет шанс пройти предварительные проверки и дойти до адресата; если целей несколько, то с какой интенсивностью необходимо отправлять идентичные письма, чтобы это не воспринималось как рассылка спама и т. п.

3. Профилирование поведения пользователя почтового сервиса

Увеличения эффективности перечисленных в разделе 2 средств можно добиться различными способами – одним из них является применение различных систем обнаружения. Как правило, большинство из них основываются на статических правилах, например, отправлять администратору сигнал тревоги каждый раз, когда количество подключений для одного почтового ящика с разных IP-адресов превышает 5 за интервал времени 10 мин. Таким образом, процент ложных срабатываний такого правила может быть довольно велик, т. к. для одного почтового ящика это является обычным положением дел, а для другого – появление любого, отличного от единственного легитимного для него адреса, является недопустимым. Данный факт указывает на то, что администратор будет загружен лишней работой – осуществлять классификацию полученных от системы обнаружения сигналов на ложные срабатывания и действительные сигналы тревоги.

Решением возникающих на этом фоне проблем является ПО, основным методом действия которого будет профилирование. Данный метод позволит программе найти индивидуальный подход к каждому почтовому ящику, что в свою очередь даст возможность с большой степенью достоверности выявлять аномалии поведения каждого из них.

На рис. 4-6 представлены результаты работы данного ПО, разработанного с использованием RStudio:

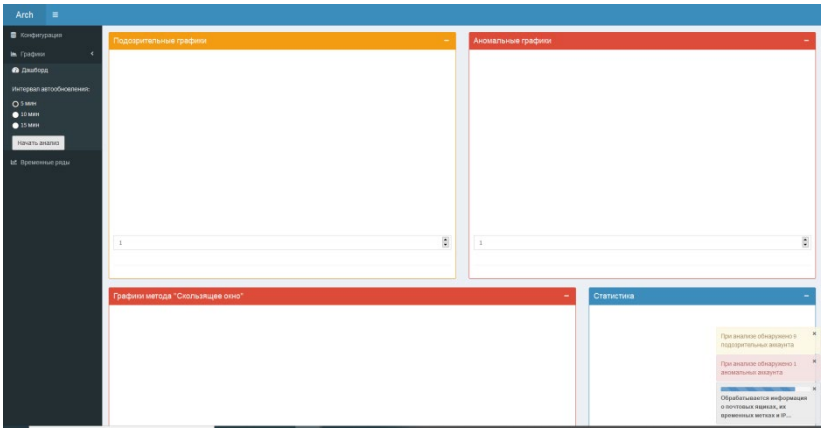


Рис. 4. Анализ поведения пользователей электронной почты различными алгоритмами

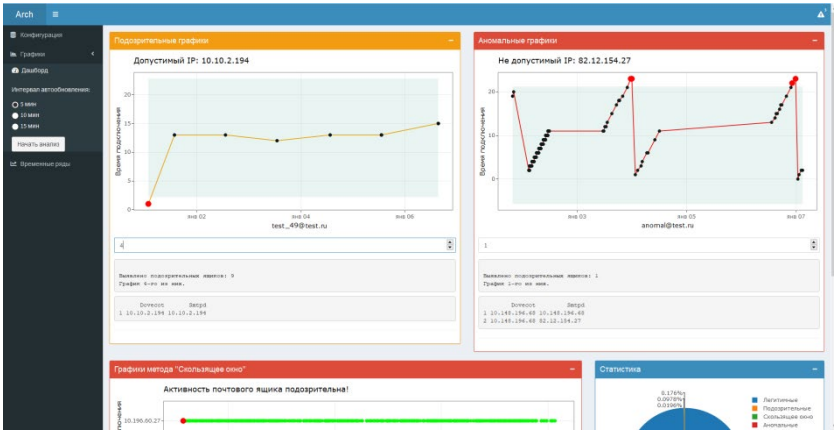


Рис. 5. Отчёт о выявленных аномальных подключениях пользователя электронной почты и статистика проведённого анализа

Представленное ПО опирается на статистические данные каждого конкретного почтового ящика (построение поведенческого профиля). В основе программы лежат два алгоритма выявления аномалий в поведении пользователей электронной почты:

- правила трёх сигм [1] [4], применённого к числовому вектору, который содержит значения часов каждого факта обращения к серверу за новыми письмами:

$$(|x_i - \overline{x}|) \le 3 * S_p$$

где x_i – i-й элемент последовательности, $\overline{x}$ – среднее арифметическое последовательности, S_p – стандартное отклонение p-й последовательности.

- скользящего окна [2], формирующего последовательность из количества уникальных IP-адресов, замеченных при обращении к серверу за интервалы времени 5–10 минут, а затем проверяющего результат на наличие «выбросов» [1] [4] по правилу трёх сигм.

Рис. 6. Отчёт о выявленном аномальном поведении пользователя электронной почты

Анализ методом профилирования обеспечивает наиболее качественное выявление потенциальных инцидентов, по сравнению со средствами, которые для анализа применяют статические правила в отношении каждого субъекта [6].

Ввиду огромного количества событий, отображаемых на графиках, каждая визуализация выполнена интерактивной для быстрого доступа к интересующим аналитика данным (рис. 7-9):

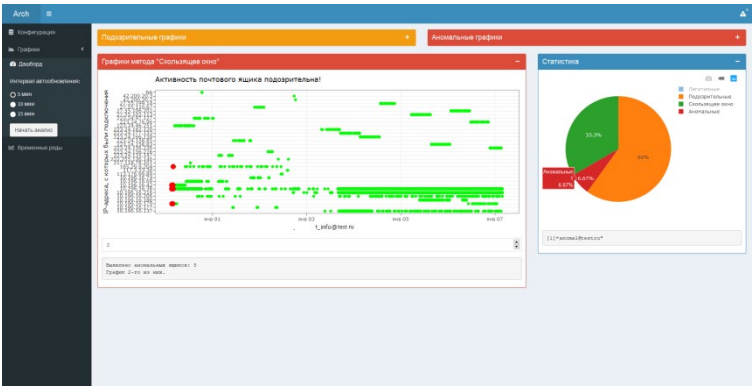


Рис. 7. Интерактивное отображение данных о статистике и названия почтового ящика, входящего в выбранную область

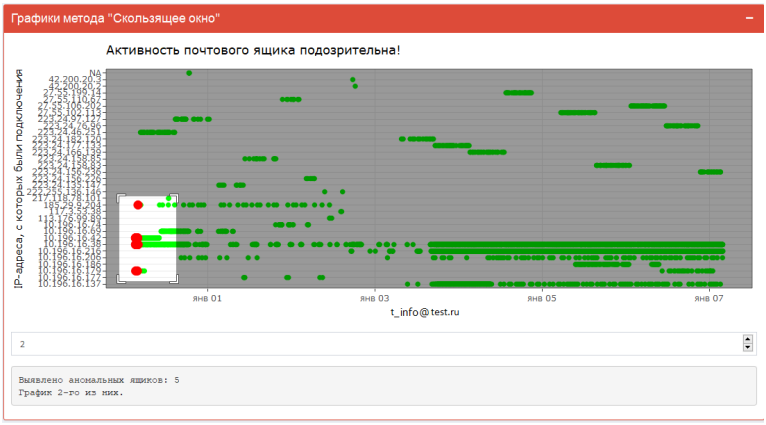


Рис. 8. Выделение участка для масштабирования графика

Интерактивность существенно упрощает чтение графиков, а используемая цветовая схема визуализаций помогает аналитику в выявлении и расстановке приоритетов между отображёнными на нём событиями.

Адаптивный метод снижает количество ложных срабатываний ПО, что положительно сказывается на концентрации внимания аналитика в отношении более узкого набора подозрительных почтовых ящиков и, как следствие, проведение наиболее качественного расследования причин аномального поведения [4].

Рис. 9. Масштабированный график

Заключение

На сегодняшний день, когда ежедневно становится известно о выявлении всё новых и новых уязвимостей в различных сервисах (приложениях), даже имеющих продолжительный период функционирования и развития, а также обладающих огромным кругом пользователей, вопрос осуществления контроля за состоянием этих сервисов становится наиболее важным. Для эффективного решения этой задачи необходимо применение новых подходов и методов анализа, одним из которых является профилирование.

Список литературы

1. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – №3 (233). – С. 28-35.

2. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure In-formation Technologies” (Moscow, 6-7 December 2017 г.). – Bauman Moscow Technical University, 2017. – P. 88-92.

3. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure Information Technologies” (Moscow, 6-7 December 2017 г.). – Bauman Moscow Technical University, 2017, P. 83-87.

4. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты

вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Радиолокация, навигация, связь: Сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). – Том 2. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

5. Иванов, И. И. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.

6. Iskolnyy, B. B. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / B. B. Iskolnyy, R. V. Maximov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure In-formation Technologies” (Moscow, 6-7 December 2017 г.). – Bauman Moscow Technical University, 2017, P. 59-65.

Результаты анализа возможностей протоколов для маскирования структуры информационных систем

Ю. Н. Архипов, email: yur.arhipoff2017@yandex.ru
Д. В. Зайцев, email: dan97-10@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *Развитие информационных технологий обуславливает новые возможности злоумышленников по исследованию информационных систем ведомственного назначения для дальнейшей реализации деструктивных воздействий на их элементы. В статье приводится анализ возможностей протоколов информационного обмена в сетях связи общего пользования для защиты от компьютерной разведки посредством маскировании структуры информационных систем.*

Ключевые слова: *информационная система, демаскирующие признаки, сети связи общего пользования.*

Введение

Интеграция сетей связи ведомственного назначения (ВН) и сетей связи общего пользования (ССОП) приводят к неизбежности применения широкого диапазона открытых протоколов информационного обмена (сетевого взаимодействия), а также технологий и оборудования преимущественно иностранных разработок (в том числе и средств защиты), имеющих уязвимости и недекларированные возможности (НДВ) [1-5].

Следовательно, у злоумышленников, также имеющих доступ к ССОП, существует возможность вести компьютерную разведку с целью получения сведений о закономерностях функционирования информационных систем ведомственного назначения (ИС ВН) для осуществления хорошо спланированных и целенаправленных деструктивных воздействий и нарушения функционирования системы управления ведомства [6-10].

Разрешение данного противоречия возможно управлением демаскирующими признаками элементов ИС ВН [2, 3, 13, 14], совокупность которых формирует информационные потоки от источника разведки к средствам (системе) разведки для формирования у злоумышленника устойчивых ложных стереотипов относительно

© Архипов Ю. Н., Зайцев Д. В., 2020

структуры и параметров (топологии и типологии) ИС и, как неизбежное следствие, системы управления ведомством, в интересах которой создается ИС ВН.

Такой результат может быть достигнут реализацией маскирующего обмена, который позволяет скрыть факт передачи конструктивного трафика и исказить уровень иерархии узлов связи соответствующих подразделений в ИС ВН.

1. Выявление ограничений при реализации маскирующего обмена

В результате анализа способов реализации маскирующего обмена в рамках эталонной модели взаимодействия открытых систем выявлены следующие технические особенности ССОП [2].

Во-первых, у передающего абонента системы информационного обмена (СИО) возникают очереди из пакетов конструктивных сообщений, так как СИО занят формированием пакетов маскирующих сообщений.

Во-вторых, у принимающего абонента СИО возникают очереди из пакетов конструктивных и маскирующих сообщений, так на вход принимающего СИО могут одновременно прийти пакеты сообщений от нескольких отправителей. В результате ухудшаются значения показателей своевременности доставки сообщений, а услуги связи, критичные к выполнению требований по своевременности доставки сообщений, могут стать субъективно «некачественными» – ухудшится разборчивость речи, качество видеоизображения и т. д.

2. Анализ технологических возможностей информационных систем для реализации маскирующего обмена

Решить данную задачу можно использованием технологических возможностей ИС ВН для реализации маскирующего обмена в условиях ограничения ресурсов связи и комбинацией способов маскирования, потенциально поддерживаемых ССОП.

В настоящее время теоретической и практической возможностью для реализации маскирующего обмена является только установка для корреспондентов меток, означающих, что данный конкретный пакет сообщений является маскирующим или содержит полезную информацию. При этом предполагается, что маскирующий пакет сообщений будет игнорироваться принимающим СИО, но, тем не менее, он будет создавать нагрузку на его входе. Единственным достоинством данного решения является то, что установка меток, а также фрагментация пакетов маскирующих сообщений осуществляется без дополнительных технических решений.

Анализ протоколов ССОП позволил вскрыть следующие пути управления маскирующей нагрузкой.

Во-первых, в процессе формирования пакетов сообщений на передачу можно устанавливать значения полей пакетов сообщений *TTL* (Time To Live) и *Hop Limit* такими, чтобы пакеты сообщений не доходили до приемника и пакет терминировался в заведомо выбранном СИО ССОП. В качестве такого СИО целесообразно выбрать последний (в маршруте) СИО (маршрутизатор) ССОП. Между ним и СИО ИС ВН наличие средств КР злоумышленника наименее вероятно по той причине, что злоумышленник решает ресурсную задачу, а размещение средств КР в каждой точке распределенной ИС ВН будет неоптимальным и может скомпрометировать систему разведки [15-17]. Однако, у данного способа есть очевидные недостатки:

наличие прямого демаскирующего признака (ДМП) в заголовке – злоумышленник при длительном наблюдении может определить регулярность некорректных значений *TTL* (*Hop Limit*) и скомпрометировать маскирующий трафик;

наличие косвенного ДМП – узел, на котором прекращается дальнейшая передача пакета, информирует узел-отправитель ICMP-сообщением (с учетом предустановленного лимита на количество ICMP-сообщений) о невозможности доставить пакет адресату;

отсутствие гарантированного уничтожения пакета в выбранной точке ССОП из-за наличия альтернативных более коротких маршрутов.

Во-вторых, технологической возможностью для реализации маскирующего обмена является построение карты сети со значениями *MTU* каждого узла сети, принадлежащего маскирующему маршруту по процедуре *Path MTU Discovery* [11, 18-23] и обоснованным выбором значений MTU маскирующих пакетов сообщений таких, чтобы пакеты сообщений не доходили до приемника и терминировались в заведомо выбранном СИО ССОП. Данный способ также не лишен недостатков:

наличие прямого ДМП в заголовке *IP*v4;

наличие косвенного ДМП – при невозможности фрагментации пакетов сообщений на транзитных узлах (для прекращения ретрансляции пакета сообщений в подсеть с меньшим значением *MTU* необходима установка флага *Do Not Fragment* (DF)), транзитный узел ССОП отправляет узлу-отправителю управляющее *ICMP*-сообщение (с учетом предустановленного лимита на количество *ICMP*-сообщений) о невозможности доставить пакет адресату;

при предустановленной блокировке ответов по протоколу *ICMP* выполнение процедуры *Path MTU Discovery* невозможно, и данная ситуация получила название *MTU Discovery Black Hole*.

В-третьих, технологической возможностью для реализации маскирующего обмена является согласование с приемником значения *TCP Maximum segment size* (MSS) для маскирующего трафика и обоснованный выбор таких значений *MTU* маскирующего пакета сообщений [12], чтобы пакеты сообщений не доходили до приемника и пакеты терминировались на предпоследнем транзитном СИО ССОП. Данный способ также имеет недостаток: наличие косвенного ДМП – при невозможности фрагментации пакетов сообщений на транзитных узлах (при установке флага *Do Not Fragment* (DF)) транзитный узел ССОП отправляет узлу-отправителю управляющее *ICMP*-сообщение (с учетом предустановленного лимита на количество *ICMP*-сообщений) о невозможности доставить пакет адресату.

Рассмотренные три способа исключают нагрузку на СИО принимающего абонента и открыты для создания новых технических решений, расширяющих ассортимент средств СИО ИС ВН, а их комбинированное использование при организации маскирующего обмена позволит снизить информативность присущих им ДМП.

Имеющиеся на рынке средства создания *VPN*-туннелей (такие как, например, линейка средств DioNIS, программно-аппаратные комплексы «Атликс-VPN», «Застава», «Континент» и другие) имеют технические возможности реализовывать протокольно указанные процедуры для осуществления маскирующего обмена.

Заключение

В статье проведен анализ возможностей протоколов информационного обмена в сетях связи общего пользования для защиты от компьютерной разведки информационных систем посредством реализации маскирующего обмена.

Список литературы

1. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ. – СПб, 2017. – С. 138-147.

2. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175.

3. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ. – СПб, 2017. – С. 147-154.

4. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information Technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 83-87.

5. Maximov, R. V. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information Technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017 г.). – Moscow, 2017. – С. 59-65.

6. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017 г.). – Moscow, 2017. – P. 88-92.

7. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016). – 2016. – С. 431-438.

8. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

9. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л.С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

10. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

11. RFC 1191. Path MTU Discovery. Draft Standard. 1990 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tools.ietf.org/html/rfc1191

12. RFC 879. The TSP Maximum Segment Size and Related Topics. 1983 [electronic resource]. – Access link: http://tools.ietf.org/html/rfc879#section-3

13. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Радиолокация, навигация и связь. – 2018. – С. 169-179.

14. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их

безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире : сб. тр. уч. I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.

15. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

16. Максимов, Р. В. Технические средства и методы защиты информации от утечки по техническим каналам на объектах информатизации / Р. В. Максимов, А. Е. Давыдов, О. К. Савицкий. – Санкт-Петербург: НИИ "Масштаб", 2012. – 192 с.

17. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / Р. В Максимов [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

18. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Voprosy kiberbezopasnosty. – 2019. – № 1 (29). – P. 10-17.

19. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.17 ; опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

20. Максимов, Р. В. Маскирование структуры и алгоритмов функционирования интегрированных инфокоммуникационных систем / Н. Ю. Лыков, Р. В. Максимов, С. Р. Шарифуллин // Технические и технологические системы : сб. тр. уч. VIII междунар. научн. конф. "Технические и технологические системы "ТТС-16". (Краснодар, 24-26 ноября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 203-206.

21. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3 (233). – С. 28-35.

22. Информационная безопасность России в сфере науки и техники / Р. В. Максимов [и др.] // Информация и космос. – 2006. – № 4. – С. 94-102.

23. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

Военно-специальная игра как форма подготовки специалистов по информационной безопасности

Л. Б. Афанасьевский, email: afleonid@yandex.ru
А. Н. Горин, email: algorin.algoral@mail.ru
В. П. Жуматий, e-mail: vyachzh@mail.ru
А .Г. Фадин e-mail: a_fadin@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *Развитие форм и методов защиты информации на современном этапе тесно связано с новыми подходами к подготовке специалистов в этой области. В целях повышения эффективности формирования у будущих специалистов по информационной безопасности практически значимых компетенций, связанных с проведением мероприятий защиты автоматизированных систем управления от вредных информационных воздействий, предлагается применение военно-специальной игры в качестве наиболее предпочтительного варианта проведения цикла практических занятий. В статье рассматриваются методические особенности разработки замысла, сценариев, этапов, программно-аппаратного обеспечения организации и проведения военно-специальной игры, а также подход к оценке дидактической эффективности формируемых компетенций.*

Ключевые слова: *компетенция, ролевая компьютерная игра, дидактическая эффективность, программно-аппаратные средства.*

Введение

Одной из основных особенностей, характеризующих развитие форм и методов информационной войны на современном этапе, является интенсивное развитие принципиально новых концепций информационной защиты, предусматривающих обеспечение информационной безопасности собственных инфраструктур и информационно-управляющих систем, входящих в киберпространство своих сил и средств [1, 2]. Объектами внимания при этом становятся информационные системы (включая линии передач, обрабатывающие центры и кадровые ресурсы), а также применяемые информационные технологии.

© Афанасьевский Л.Б., Горин А.Н., Жуматий В.П., Фадин А.Г., 2020

Анализ атак на автоматизированные системы как в локальных военных конфликтах на Ближнем Востоке, Балканах, Северном Кавказе, так и в повседневной деятельности промышленных предприятий, транспорта, энергосистем, банков и других организаций различных государств за последние два десятилетия показал, что злоумышленники (профессиональные террористы и хакеры-одиночки разной степени подготовленности), преследуя разные цели, практически применяют одинаковые методы нарушения информационной безопасности критически важных объектов. В этих условиях актуальной становится задача совершенствования профессионального образования в области информационной безопасности на основе применения новых форм практической подготовки специалистов с целью приобретения опыта, совершенствования умений и навыков реализации мероприятий информационной защиты критически важных объектов с использованием опыта подготовки военных специалистов.

Опыт подготовки специалистов по направлению 10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем в ВУНЦ ВВС «ВВА» позволяет сделать вывод о том, что наиболее предпочтительной формой проведения цикла практических занятий по защите информационных объектов являются военно-специальные игры, проводимые в форме ролевой компьютерной игры.

Учебно-воспитательной целью военно-специальной игры является приобретение практического опыта и совершенствование навыков и умений по организации и ведению компьютерной разведки возможных злоумышленников, проведению мероприятий информационно-технической защиты от воздействия на свои элементы киберпространства с целью недопущения снижения эффективности их функционирования.

Постановка задачи

Цели работы – разработка сценария военно-специальной игры в форме ролевой компьютерной игры, определение учебных коллективов, их функционала по решению задач информационной безопасности объектов киберпространства, обоснование необходимого аппаратно-программного обеспечения и состава привлекаемых оценочных средств для контроля достигаемого при обучении уровня формируемых компетенций.

Для проведения игры предлагается следующий оперативный фон: информационная обстановка в системах, входящих в киберпространство действующей информационной системы, характеризуется активизацией злоумышленников, выражающейся в увеличении противоправных действий по защищаемым информационным объектам.

Злоумышленники, объединившись в группы, проводят активные информационные воздействия на объекты системы. В рамках выполнения своего функционала специалисты по защите информации выполняют комплекс мероприятий по выявлению вредоносных воздействий, поиску и ликвидации причин их возникновения, обеспечению и осуществлению мероприятий по защите своих объектов.

Основной задачей является разработка последовательности действий для всех учебных микрогрупп, которые должны выполнить специалисты по защите информации при различных стратегиях действий злоумышленников.

Цели, задачи и замысел игры

Основной целью совершенствования подготовки обучающихся в рамках военно-специальной игры является повышение эффективности защиты объектов киберпространства информационной системы от информационных воздействий, выявление злоумышленников и их группировок, ликвидация последствий вредоносных воздействий.

Для достижения поставленной цели обучающимся необходимо осуществить:

– ведение компьютерной разведки информационных сетей, в которых действуют злоумышленники;

– обнаружение беспроводных точек доступа в информационных сетях злоумышленников и организацию несанкционированного доступа (НСД) к ним;

– поиск, обнаружение и анализ конфиденциальной информации на информационных объектах злоумышленников;

– подготовку решений по использованию выявленных сведений в интересах защиты информации в объектах своего киберпространства;

– устранение последствий сетевых атак на элементы киберпространства системы управления злоумышленниками в рамках ответных действий;

– введение злоумышленников заблуждение относительно выполняемых мероприятий по защите информации;

– мониторинг информационной обстановки с целью выявления, локализации и нейтрализации информационных угроз, а также своевременной ликвидации их источников [2].

Сценарием военно-специальной игры предусматриваются задачи, учитывающие особенности и продолжительность действий злоумышленников.

Предполагается, что в течение двух суток злоумышленники планируют путем информационных воздействий на объекты защиты нарушить или значительно снизить эффективность системы управления.

Обоснование программно-аппаратного облика полигона для отработки вопросов защиты информации в компьютерных сетях

Для организации подготовки специалистов по защите информации необходимо создать на основе локальной вычислительной сети кафедры специализированную программно-аппаратную среду, моделирующую структуру реальной гетерогенной информационно-вычислительной системы.

Применение подобной программно-аппаратной среды, помимо задачи обучения специалистов по информационной безопасности, позволит решать научные задачи по оценке эффективности средств сетевой защиты от вмешательства злоумышленников.

Данная программно-аппаратная среда актуальна для подготовки обучающихся по направлению «Информационная безопасность автоматизированных систем». Это обусловлено тем, что сферой и объектами профессиональной деятельности выпускников с данной специализацией являются:

– средства и методы выполнения мероприятий по защите информации, особенности их выполнения в распределенных информационных сетях;

– организация выявления и ликвидация последствий от проведения злоумышленниками информационных воздействий на информационные системы;

– владение средствами противодействия программно-техническому воздействию злоумышленников на электронно-вычислительные системы и способы их применения;

– выявление информационных составляющих и определение уязвимых элементов (звеньев) систем и средств злоумышленников;

– защита собственных информационных и информационно-управляющих систем и их ресурсов от воздействий со стороны злоумышленников.

В соответствии с требованиями, выпускники должны иметь опыт в применении средств компьютерной разведки и программно-технической защиты, а также в обеспечении информационной безопасности своих компьютерных систем.

Приобретение подобного опыта возможно только при использовании в учебном процессе модели реальной гетерогенной информационно-вычислительной сети (ИВС), имеющей маршрутизируемую топологию и обладающей функциональными способностями глобальной сети. Топология ИВС, существующей в настоящее время в ВУНЦ ВВС «ВВА», не удовлетворяет этим требованиям и представляет собой совокупность изолированных друг от

друга компьютерных классов. Это не позволяет формировать у обучающихся навыки работы в глобальной ИВС, снижая общий уровень подготовки. Формируемые у будущих специалистов знания структуры и принципов функционирования глобальной ИВС остаются не подкрепленными практикой, что вызывает сложности при последующем освоении специализированных дисциплин.

Разработка программно-аппаратной среды проведения военно-специальной игры и оценки эффективности средств сетевой защиты предполагает предварительное построение модели реально существующей глобальной ИВС. В качестве объекта моделирования предлагается использование образа самой крупной современной сети, то есть сети Интернет. Среди возможных путей реализации модели реальной гетерогенной сетевой инфраструктуры можно выделить два основных направления, базирующиеся на использовании либо реального аппаратного обеспечения, либо виртуального аппаратного обеспечения.

Использование реального аппаратного обеспечения позволяет разрабатывать наиболее адекватные модели, но при этом обладает существенными недостатками, такими как: высокая стоимость реализации; недостаточная гибкость конфигурирования; отсутствие адаптивной настройки под потребности обучающегося; высокая стоимость владения.

Достоинства данного подхода очевидны и заключаются практически в полном повторении моделируемой сетевой инфраструктуры. Данный поход оправдан при подготовке специалистов для работы на особо важных сегментах сетевой инфраструктуры, обладающих невысокой динамикой изменения аппаратной конфигурации.

Недостатки данного подхода не позволяют практическое его использование в процессе подготовки специалистов по защите информации.

Альтернативой рассмотренному подходу является использование виртуального аппаратного обеспечения, основанного на эмуляции аппаратной части средств вычислительной техники прикладным программным обеспечением.

Этому подходу присущи следующие недостатки:

– ограниченный набор эмулируемых аппаратных платформ;

– существенная зависимость качества эмуляции от аппаратной части хост-машины;

– достаточно высокая, но не полная адекватность полученной модели реальной гетерогенной сетевой инфраструктуре.

Детальный анализ перечисленных недостатков показал, что при построении модели, используемой в автоматизированной системе обучения специалистов информационного противоборства, их негативное влияние является несущественным. Это связано с тем, что при подготовке данных специалистов основной упор делается на моделировании функциональности сетей, отодвигая при этом на второй план вопросы аппаратной архитектуры.

Для программной эмуляции аппаратного обеспечения средств вычислительной техники может быть успешно применен программный продукт Microsoft Virtual PC. Он позволяет эмулировать основное аппаратное обеспечение средств вычислительной техники, в том числе и сетевое, включающее концентраторы. Данный программный продукт поддерживает установку практически всех операционных систем для платформы x86.

Подобный подход к построению полигона для отработки вопросов противоборства в компьютерных сетях, позволяет эффективно моделировать реальную гетерогенную сетевую инфраструктуру в сочетании с приемлемым объемом затрат на поддержание функционирования самой модели.

Методика проведения военно-специальной игры

Военно-специальная игра имеет следующие методические особенности.

С учетом объявленных целей и необходимости решения всех задач военно-специальной игры личный состав учебной группы разбивается на два коллектива, возглавляемые назначаемыми старшими.

Коллективы пространственно разносятся и размещаются каждый в своем компьютерном классе. Поочередно в зависимости от выполняемых практических заданий они выступают в качестве специалистов по защите информации и в качестве злоумышленников.

На основе анализа целей и задач игры состав каждого коллектива делится на пять микрогрупп по 2-3 человека в каждой. Группы формируются исходя из решаемых задач, при этом учитываются уровень подготовки каждого участника игры.

В начале игры каждому из противоборствующих коллективов выдается задание, которое в ходе игры поэтапно уточняется преподавателями-посредниками, фиксирующими и оценивающими полноту выполнения заданий, качество действий микрогрупп и каждого участника, а также качество действий противоборствующих коллективов в целом.

Все задачи, решаемые микрогруппами при проведении военно-специальной игры представляются в виде сетевого плана, созданного в

среде Microsoft Project. Автоматизированный контроль за ходом и временем выполнения мероприятий осуществляется с отслеживанием диаграммы Ганта в среде Microsoft Project.

При подготовке к проведению военно-специальной игры решаются две задачи.

Во-первых, на основе вычислительной сети кафедры создается специализированная программно-аппаратная среда, моделирующая структуру реальной гетерогенной информационно-вычислительной сети.

Во-вторых, обосновывается и уточняется перечень решаемых в ходе военно-специальной игры учебных задач и функций, реализуемых в процессе деятельности специалистов. Этот перечень задач и функций разрабатывается в соответствии с квалификационными требованиями к выпускникам, которые в результате проведения военно-специальной игры должны приобрести опыт в применении средств компьютерной разведки и противодействия вредоносным информационным воздействиям злоумышленников, а также в обеспечении информационной безопасности своих компьютерных систем. При этом предполагается, что частные задачи участвующих в игре подразделений определены и доводятся в соответствии со сценарием проведения военно-специальной игры [3].

К общим задачам проведения игры относятся:

– демонстрация особенностей процесса подготовки специалистов по защите информации;

– демонстрация вариантов проведения занятий по подготовке специалистов в форме игры;

– во время игры демонстрируются возможности удаленного несанкционированного доступа к информации, обрабатываемой на одном из компьютеров, имитирующих действия компьютеров злоумышленников;

– проведение специалистами по защите информации мероприятий, снижающих эффективность функционирования компьютерных систем, сопровождающихся проявлениями различных эффектов, отвлекающих внимание операторов противоборствующих групп и затрудняющих их работу (срабатывание приводов CD-ROM, блокировка клавиатуры, переназначение клавиш мыши и т.д.) [4];

– активизация обеих групп по применению заранее внедренных в компьютерные средства вредоносных программных закладок, приводящих к прекращению функционирования одного из компьютеров противоположной группы;

– проведение специалистами в области информационной безопасности обеих сторон мероприятий по обнаружению вредоносных программ в своих сетях, выявлению и нейтрализации вредоносных программных средств.

Требуемые умения и навыки обучающихся формируются в процессе игры путем поэтапного выполнения и оценивания следующих действий.

Этап 1

Создание виртуальной компьютерной сети с помощью эмулятора, установка и настройка операционной системы в компьютерной сети, настройка сетевых компонентов информационно-телекоммуникационной сети (ИТКС), осуществление администрирования и разграничения доступа к ресурсам ИТКС.

Этап 2

Развертывание и настройка WEB-сервера, установка WEB-клиента, развертывание и настройка ftp-сервера, развертывание и настройка сервера электронной почты, установка и настройка почтового клиента, организация электронного документооборота в ИТКС, создание и размещение на сервере ИТКС сайта, используемого в интересах управления защищаемыми объектами, развертывание беспроводного сегмента сети, развертывание сегмента маршрутизируемой сети.

Этап 3

Выполнение сканирования ИТКС, определение сетевых адресов обнаруживаемых информационно-технических объектов, определение имен и типов операционных систем обнаруженных информационно-технических объектов (ИТО), определение общей топологии ИТКС, выявление ресурсов компьютеров, находящихся в совместном пользовании и сервисов, имеющих уязвимые места.

Этап 4

Преодоление парольной защиты электронной почты, преодоление парольной защиты операционной системы, преодоление парольной защиты программ-архиваторов, преодоление парольной защиты документов офисных приложений, осуществление НСД к ресурсам компьютеров, обоснование способов программного воздействия на компьютеры ИТКС злоумышленников.

Этап 5

Проведение DOS-атаки на сервер ИТКС злоумышленников, применение специальных программ в целях дезорганизации системы управления злоумышленников, оценка результатов воздействия, сканирование своих компьютеров на предмет выявления уязвимостей, выполнение мероприятий по антивирусной защите своих компьютеров.

В процессе проведения и на завершающем этапе военно-специальной игры проводится оценивание работы старших групп с учетом их оценки работы членов своих микрогрупп. При этом работа каждого обучающегося на каждом этапе анализируется преподавателями-посредниками и оценивается ими с указанием достоинств и недостатков каждого выполняемого действия в соответствии с разработанной методикой. В конце игры преподаватели-посредники подводят итоги по всем оцениваемым ее этапам и указывают общие недостатки, выявленные в ходе выполнения практических заданий.

Дидактическая эффективность проведения военно-специальной игры оценивается путем сравнения результатов формирования умений и навыков, отрабатываемых в ходе практических занятий по соответствующим дисциплинам. При оценке дидактической эффективности проведения военно-специальной игры используются следующие показатели:

– количество обучающихся, выполняющих практические задания по этапам игры по микрогруппам;

– загруженность обучающихся в решении 100 и 80 процентов задач соответственно;

– качество полностью выполненных заданий по оцениваемым действиям микрогрупп.

Оценка выполнения заданий обучающимися по каждому из этапов показала, что в ходе проведения игры у них проявляются такие качества, как самостоятельность в суждениях, профессионализм в принятии решений и возрастает уверенность в собственных силах в решении задач по защите информации.

Проведение военно-специальной игры требует участия до пяти преподавателей-посредников, которые уточняют задания в ходе игры («дают вводные»), усложняя тем самым выполняемые задания, делая игру максимально приближенной к профессиональной деятельности

Результаты

Предлагаемая методика проведения военно-специальной игры проходит ежегодную апробацию в рамках реализации учебного плана ВУНЦ ВВС «ВВА» в виде учебной практики.

Анализ результатов апробации позволяет выявить пробелы в формировании ряда умений и навыков, что, в свою очередь, дает возможность преподавателям внести изменения в рабочие программы, тематические планы и соответствующие учебно-методические материалы.

В тоже время разработанные сценарии военно-специальной игры не охватывают ряд проверок, контролирующих качество формирования таких компетенций как, поиск закладок, установленных злоумышленниками, сканирование помещений, проверка персонала и т.д.

Устранение этого недостатка предполагает привлечение преподавательского состава других кафедр и увеличения учебного времени, отводимого на игру.

Заключение

В данной статье представлена методика проведения военно-специальной игры в форме ролевой компьютерной игры.

Предлагаемая методика позволяет проверить результат формирования практических компетенций, а также оценить приобретаемые умения и навыки в администрировании компьютерных сетей, развертывании и наращивании системы контроля компьютеров сети на основе технологий электронной почты, запуске удаленного сканирования подсетей на предмет выявления хост-машин злоумышленников и др.

Представлен подход к оценке дидактической эффективности проведения военно-специальной игры.

Список литературы

1. Новиков, В. К. Информационное оружие – оружие современных и будущих войн / В. К. Новиков. – 2-е изд., испр. – М. : Горячая линия–Телеком, 2014. – 264 с.

2. Макаренко, С. И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетецентрических войнах начала XXI века /С. И. Макаренко – СПб. : Наукоемкие технологии, 2017. – 546 с.

3. Методические рекомендации по подготовке и проведению занятий по информатике в интерактивной форме / Л. Б Афанасьевский [и др.] // Сб. докладов XXII пленума ФУМО ВО ИБ и Всероссийская НПК «Информационная безопасность регионов: кадры, технологии, практика». – Краснодар, 2018. – С. 232-237.

4. Жуматий, В. П. Обоснование структуры специальной программно-аппаратной среды для реализации способов несанкционированного удаленного проникновения в компьютерную систему / В. П. Жуматий., О. А. Городиский / Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы: сб. материалов Международной НПК // ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России, г. Воронеж, 23–24 мая 2018 г. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. – С. 129-132.

Экспериментальное исследование фрактальных свойств трафика под воздействием DoS-атаки

И. С. Барсуков, email: barsukov@phys.vsu.ru
М. П. Ряполов, email: ryapolov@phys.vsu.ru
А. М. Бобрешов, email: bobreshov@phys.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Работа посвящена изучению проблем обнаружения сетевых DoS/DDoS-атак. Предложен метод распознавания, основанный на фрактальном анализе сетевого трафика. Основной задачей такого анализа выступает оценка коэффициента Херста как главной характеристики самоподобия трафика. Проведено экспериментальное исследование образцов сетевого трафика, сгенерированного в рамках лабораторного стенда. По оценке изменения коэффициента Херста такого трафика сделаны выводы о наличии аномальных выбросов в трафике.*

Ключевые слова: *самоподобие трафика, фрактальный анализ, DoS/DDoS-атаки, коэффициент Херста.*

Введение

На ранних этапах развития компьютерных сетей для описания трафика использовались модели, основанные на пуассоновском процессе и его производных. Эти модели были заимствованы из телефонных сетей, построенных по другим принципам, и их применение к компьютерным сетям приводило к ошибкам в расчете нагрузок и другим проблемам при проектировании [1]. Пересмотр этих моделей произошел после открытия у сетевого трафика фрактальных свойств. Было обнаружено, что при рассмотрении на достаточно большом временном диапазоне трафик обладает свойством самоподобия, то есть выглядит качественно одинаково и проявляет долговременную зависимость [2, 3, 4].

Помимо пересмотра моделей и характеристик современных сетей, фрактальная теория трафика находит актуальное и практически значимое применение в сфере обнаружения сетевых аномалий. По оценкам профильных организаций, последнее десятилетие наблюдается неуклонный рост числа и сложности DoS/DDoS-атак, направленных на ограничение доступности пользователей к сетевым ресурсам [5]. Ввиду этого данное направление исследований не теряет своей актуальности,

© Барсуков И. С., Ряполов М. П., Бобрешов А. М., 2020

так как однозначно надежного и действенного инструмента по детектированию атак в реальном времени пока не существует. Вычисление количественного показателя фрактальных свойств (фрактальный анализ) позволяет выявить несвойственные для нормального трафика структурные изменения, вызванные сетевыми аномалиями, а это в свою очередь будет служить сигналом для блокирования атаки. Данный метод обнаружения сетевых атак на основе оценки самоподобия трафика появился относительно недавно. Среди работ, касающихся этой темы, стоит выделить работу [6], в которой, по сути, впервые изложена идея использования характерных особенностей корреляционной функции фрактального трафика для обнаружения DDoS-атак. В работе [7] предлагается использовать возможности R/S анализа для оценки самоподобия трафика, а в [8] основное внимание уделяется фрактального анализу SNMP библиотек.

В настоящей статье описаны результаты экспериментального исследования самоподобных свойств нормального трафика и трафика с примесью DoS-атаки, которая эмулировалась в рамках лабораторного стенда [9]. Ключевой численной характеристикой самоподобия выступал показатель Херста, для определения которого использовался алгоритм анализа R/S статистик, реализованный на языке Python. Целью работы было создание лабораторного стенда для эмуляции DoS-атак различных типов, а также проверка предположения, что самоподобные свойства трафика с примесью атаки значительно отличаются от свойств нормального трафика. В итоге предложен метод обнаружение сетевых атак в трафике и рассмотрена его работа на примере корпоративной сети университета.

1. Введение в теорию фрактального анализа

Фрактальный процесс определяют как случайный процесс, статистические характеристики которого проявляют свойство самоподобия (масштабной инвариантности). Такой процесс существенно не меняет вида при рассмотрении в различных масштабах по шкале времени. В частности, в отличие от процессов, не обладающих фрактальными свойствами, не происходит быстрого «сглаживания» процесса при усреднении по шкале времени – процесс сохраняет склонность к всплескам [2, 3, 10].

Введем понятие автокорреляционной функции стационарного случайного процесса $X = (X_i : i = 0, 1, 2\ldots)$ с постоянным средним $\mu < \infty$:

$$r(k) = E[(X_i - \mu)(X_{i+k} - \mu)] \big/ E[(X_i - \mu)^2] \qquad (1)$$

Положим, что $r(k) \sim a_1 k^{-\beta}$, где $0 < \beta < 1$ и $a_1 = const$. Далее обозначим через $X^{(m)} = (X_k^{(m)} : k = 1, 2, 3\ldots)$ усредненный по блокам длины m процесс X, компоненты которого определяются равенством:

$$X_k^{(m)} = \frac{1}{m}(X_{km-m+1} + \ldots + X_{km}), \quad m, k \in N \tag{2}$$

Назовем такой процесс агрегированным. Его автокорреляционная функция будет равна $r^{(m)}$. Тогда процесс X будет называться строго самоподобным в широком смысле (аналогичное понятие в зарубежной литературе – exactly second-order self-similar) с параметром $H = 1 - \beta/2$, если $r^{(m)}(k) = r(k)$, или другими словами, если агрегированный процесс $X^{(m)}$ эквивалентен исходному процессу X как минимум в отношении статистических характеристик 2-го порядка [4].

Введенный ранее параметр H называется показателем Херста и по его значениям можно судить о степени самоподобности процесса. Доказано, что для белого шума показатель Херста равен 0.5, что означает полное отсутствие какой-либо зависимости. При 0.5 < H < 1 процесс является персистентным, то есть сохраняющим имеющуюся тенденцию. При H < 0.5 процесс характеризуется антиперсистентностью — любая тенденция стремится смениться противоположной.

Одним из способов вычисления коэффициента Херста является анализ так называемой R/S статистики (нормированного размаха):

$$E\left[\frac{R(n)}{S(n)}\right] = Cn^H, \quad n \to \infty, \quad C = const \tag{3}$$

где $R(n)$ – размах первых n значений ряда, $S(n)$ – стандартное отклонение, $E[x]$ – математическое ожидание.

Если прологарифмировать обе части (3):

$$\log E\left[\frac{R(n)}{S(n)}\right] = H \log(n) + \log(C) \tag{4}$$

и построить график зависимости $\log E\left[\frac{R(n)}{S(n)}\right]$ от $\log(n)$, то наклон прямой, аппроксимирующей эту зависимость, и будет являться показателем Херста [11].

Как показывают исследования, трафик обладает свойством самоподобия как до, так и во время аномальных изменений. Причем при

появлении аномальных выбросов, связанных с увеличением интенсивности трафика, наблюдается скачок фрактальной размерности, что характеризуется ростом значений показателя Херста, при этом зачастую оказывается, что H > 1 [6, 7]. Это свидетельствует о потенциале фрактального подхода для обнаружения вторжений в компьютерные сети в режиме реального времени.

2. Описание лабораторного стенда для эмуляции DoS-атаки

На рис. 1 представлена схема лабораторного стенда, собранного для выполнения исследования.

Рис. 1. Стенд для эмуляции DoS-атаки и расчета показателя Херста

Для генерирования аномального трафика использовалось приложение для проведения нагрузочного тестирования JMeter, за основу брался нормальный трафик единичного пользователя, из которого далее с помощью тестового плана JMeter формировался многократно усиленный, лавинообразный трафик со значительными выбросами по сравнению со стандартным повседневным трафиком при обращении к данному ресурсу (узел А на рис. 1).

Параметры аномального трафика можно было варьировать через следующие опции тестового плана – количество потоков (т.е. число одновременно симулируемых пользователей, “Thread Count”), время набега (в течение которого происходит симуляция всех пользователей, “Ramp-Up Time”), количество повторений (сколько раз будет запущен тестовый план, “Loop Count”). Исследуемый дамп, характеристики которого представлены в таблице, включал в себя два интервала нормального трафика в начале и в конце и участок аномального трафика между ними, сгенерированный JMeter’ом.

Таблица

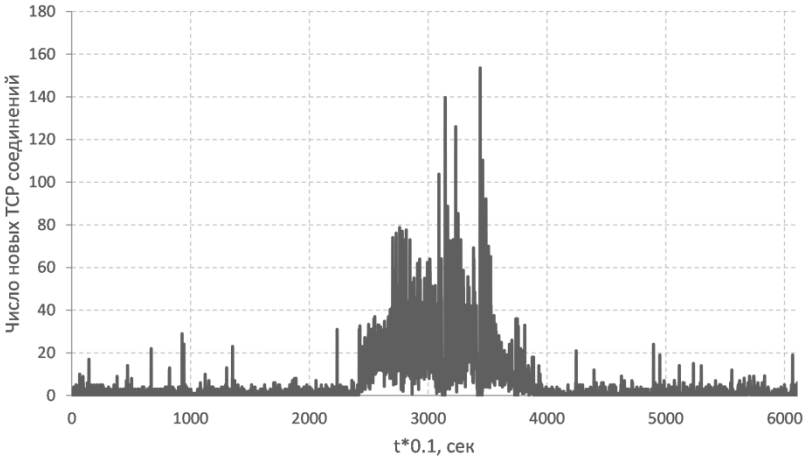
Характеристики исследуемого дампа трафика

Общая продолжительность, сек		720
Продолжительность нормального трафика, сек		600
Продолжительность аномального трафика, сек		120
Параметры тестового плана JMeter	Кол-во потоков	500
	Время набега, сек	30
	Кол-во повторений	4

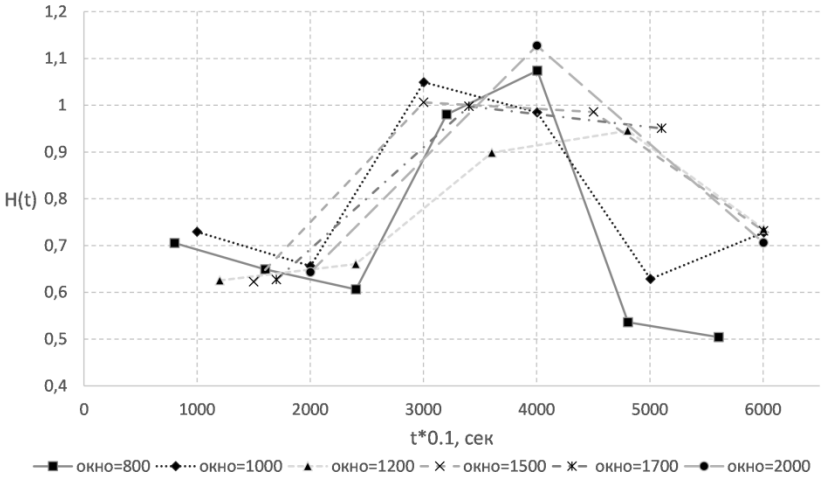
Далее сформированный аномальный трафик отправлялся на атакуемый веб-сервер с запущенной утилитой для сбора дампа трафика. Затем полученный дамп трафика копировался на другой рабочий узел (узел Б на рис. 1) и из него формировалась выборка статистической характеристики, по которой будет проводиться оценка самоподобных свойств. Такой характеристикой стало количество новых TCP соединений, появившихся в трафике раз в 0.1 секунды. Для исходного дампа оценивалась эта характеристика и формировался массив данных. Коэффициент Херста рассчитывался для отсчетов этого массива, попавших в «окно» заданного размера, которое проходило по всему массиву. Таким образом формировалась выборка коэффициентов, соответствующих разным участкам трафика.

3. Анализ результатов эксперимента

На рис. 2 представлены результаты экспериментального исследования образца трафика, сгенерированного в рамках лабораторного стенда. Расчет показателя Херста выполнялся в оконном режиме, измерение было проведено для 6 окон разного размера – от 800 до 2000 отчетов (соответствующие этим окнам временные диапазоны – от 80 до 200 секунд).



а



б

Рис. 2. Статистические характеристики исследуемого образца трафика

При сопоставлении графиков 2а и 2б можно обнаружить, что на участках нормального трафика (диапазоны 0-200 и 400-700 секунд) значение показателя Херста не превышает 1 и в среднем для всех окон

равно 0.7-0.8, что соответствует ожидаемому поведению для трафика в отсутствии аномалий. Однако в момент всплеска трафика, когда была сгенерирована атака (диапазон 280-400 сек), наблюдается резкое повышение значения показателя Херста на всех рассмотренных окнах. Значение H начинает превышать 1, что говорит об изменении фрактальных свойств трафика.

Заключение

В ходе работы было проведено исследование фрактальных свойств аномального сетевого трафика с примесью DoS-атаки. Для проведения эксперимента и генерирования DoS-атаки в контролируемых условиях был создан лабораторный стенд в рамках корпоративной сети университета. Результаты измерения показателя Херста у полученных дампов трафика говорят о том, что нормальный трафик сохраняет устойчивую корреляционную структуру, его показатель Херста не превышает значение 1. При появлении в трафике DoS-атаки характер фрактальный свойств резко изменяется, показатель Херста становится больше 1. По измерению значения показателя Херста можно выполнять обнаружение сетевых атак в трафике.

Список литературы

1. Столлингс, В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. / В. Столлингс. – Спб.: Питер, 2003. – 783 с.

2. Городецкий, А. Я. Информатика. Фрактальные процессы в компьютерных сетях: учебное пособие / А. Я. Городецкий, В. С. Заборовский. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 102 с.

3. Шелухин, О. И. Моделирование информационных систем / О. И. Шелухин, А. М. Тенякшев, А. В. Осин. – М.: Радиотехника, 2005. – 368с.

4. On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version) / W. E. Leland [et al.] // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1994. – February. – Vol. 2, no. 1. – Pp. 1-15.

5. Zargar, S. T. A Survey of Defense Mechanisms Against Distributed Denial of Service (DDoS) Flooding Attacks / S. T. Zargar, J. Joshi, D. Tipper // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2013. – Vol. 15. – Pp. 2046-2069.

6. Li, M. An approach to reliably identifying signs of DDOS flood attacks based on LRD traffic pattern recognition / M. Li // Computers & Security. – 2004. – №23. – p. 549-558.

7. Deka, R. K. Self-similarity based DDoS attack detection using Hurst parameter / R. K. Deka, D. K. Bhattacharyya // Security and Communication networks. – 2016. – №5. – p. 4468–4481.

8. Popa, S. M. Using Traffic Self-Similarity for Network Anomalies Detection / S. M. Popa, G. M. Manea // 20th International Conference on Control Systems and Science. – Bucharest, 2015. – May. – Pp. 639-644.

9. Барсуков, И. С. Использование фрактальных свойств трафика в цифровых сетях связи для детектирования сетевых аномалий / И. С. Барсуков, М. П. Ряполов // Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 3. – С. 73-81.

10. Барсуков, И. С. Исследование фрактальных свойств трафика веб-сервера / И. С. Барсуков, М. П. Ряполов // XVIII Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 8-9 февраля, 2018). – Воронеж, 2018. – С. 7-12.

11. Clegg, R. G. A practical guide to measuring the Hurst parameter / R. G. Clegg // International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology. – 2006. – Vol. 7. – Pp. 3-14.

Разработка алгоритма защиты IP-сетей от сетевой разведки

М. С. Бодякин, email: maksbody@mail.ru [1]
А. Д. Гритчин, email: 92lexx92@mail.ru [2]
К. А. Каравайцев, email: karawayz@mail.ru [1]

[1] Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко
[2] в/ч 79222

Аннотация. *В статье представлен разработанный алгоритм маскирования параметров IP-сетей от сетевой разведки на основе динамического изменения IP-адресов узлов сети. Алгоритм реализует направление динамического изменения параметров IP-сетей перспективной технологии сетевой защиты - технологии движущейся цели.*

Ключевые слова: *сетевая разведка, технология движущейся цели, IP-сети, компьютерная атака.*

Введение

Современные технологии сетевой безопасности на настоящем этапе в основном опираются на принципы защиты IP-сетей, предписывающие дистанцирование со злоумышленником и введение различных запрещающих регламентов. Так, межсетевые экраны, прокси-серверы, шлюзы прикладного уровня и системы обнаружения вторжений, предназначены для обнаружения, блокирования и последующего реагирования на вредоносные действия злоумышленника [1-6].

Однако применение этих средств защиты для решения задач защиты IP-сетей в целях упреждения деструктивных действий злоумышленника не позволяет обеспечить требуемый уровень их защищенности. Это обусловлено тем, что структура большинства современных IP-сетей является неизменной (статичной) на протяжении всего времени их функционирования, что обеспечивает достоверность полученной о них злоумышленником информации по результатам ведения сетевой разведки в течение длительного интервала времени и предоставляет злоумышленнику возможность планирования (выбора времени и инструментария) для начала компьютерной атаки без угрозы скомпрометировать свои действия [7-11]. Свойства статичности IP-сетей позволяют злоумышленнику, в удобное для него время, неоднократно

© Бодякин М. С., Гритчин А. Д., Каравайцев К. А., 2020

выполнять обнаружение и анализ уязвимостей, с тщательным последующим их тестированием на проникновение для конкретной цели, пока не будет достигнут конечный результат [12-15].

Одной из перспективных технологий защиты IP-сетей, позволяющей скрывать их истинные параметры и формировать о них ложное представление у злоумышленника является технология Moving Target Defense (MTD) [16-19]. Технология MTD направлена на динамическое изменение компонентов IP-сетей в целях ограничения эффективности ведения сетевой разведки и реализации последующих деструктивных воздействий злоумышленником. Одно из направлений технологии MTD подразумевает динамическое изменение параметров сети, таких как, например, IP-адресов, используемых для идентификации узла источника и пункта назначения, а также MAC-адресов, номеров сетевых портов, протоколов сетевого обмена и других идентификаторов. В основу представленного в статье разработанного алгоритма заложены принципы, реализующие направления динамического изменения параметров IP-сетей [20-22].

Сущность разработанного алгоритма

На рисунке представлена блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный алгоритм защиты. На начальном этапе, узлам сети, участвующим в информационном обмене, предварительно задаются исходные параметры, основными из которых являются значения IP-адресов и время их аренды, а также другие необходимые для сетевого взаимодействия параметры. При этом время продолжительности аренды IP-адресов выбирается максимально малым, не позволяющим злоумышленнику завершить процесс обнаружения цели и совершения атаки. Это значение определяется на основании экспертных оценок, но оно должно быть достаточным для реконфигурации параметров IP-сети и поддержания ее работоспособности. Затем определяются сетевые соединения, которые не должны быть прерваны в результате принудительной конфигурации параметров IP-сети. Далее, после назначения DHCP-сервером IP-адресов, времени их аренды узлам сети, а также других необходимых параметров между ними устанавливаются сетевые соединения. По истечению времени аренды IP-адресов узлов сети они обращаются к DHCP-серверу за получением новых или продолжением аренды ранее назначенных IP-адресов. Для защиты параметров IP-сети от сетевой разведки DHCP-сервер случайным образом генерирует новые значения IP-адресов для узлов сети и рассылает им эти значения и время их аренды. За счет систематического изменения параметров IP-сети

сводятся на нет все попытки злоумышленника провести цикл сетевой разведки и реализации компьютерной атаки [23].

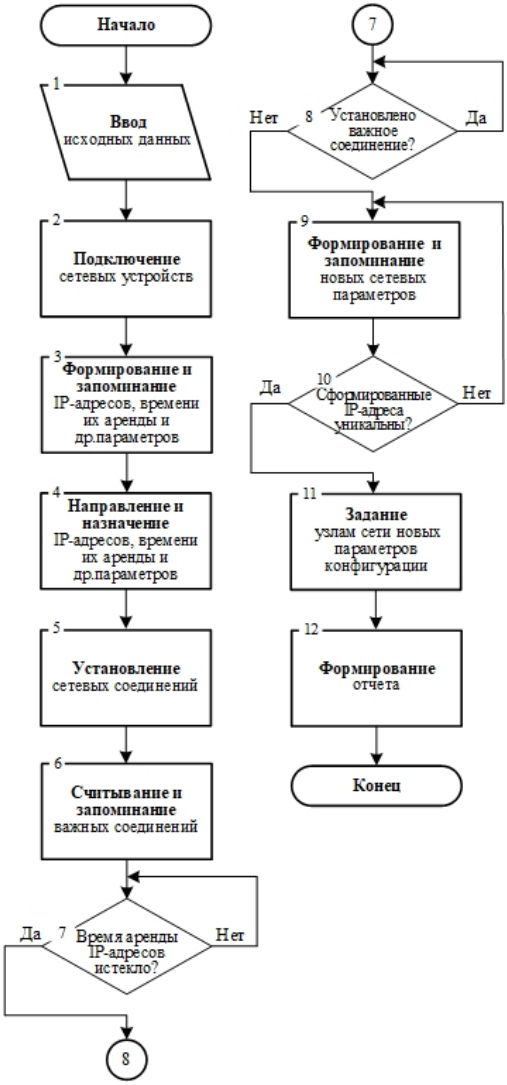


Рисунок. Блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный алгоритм защиты IP-сетей

Особенностью разработанного алгоритма является то, что IP-адреса узлов сети, между которыми установлены важные сетевые соединения, которые не должны быть прерваны в результате принудительной конфигурации параметров IP-сети, изменяются на новые после окончания этих соединений. За отсутствие совпадения их с уже назначенными и используемыми IP-адресами отвечает DHCP-сервер.

Направлением дальнейших исследований в рассматриваемой предметной области авторам видится проведение оценки влияния изменения длительности времени аренды IP-адресов на результативность защиты, а также поиск и разработка способов защиты с изменением других параметров конфигурации IP-сетей, позволяющих вводить злоумышленника в заблуждение относительно структуры IP-сетей и снижать результативность проведения им компьютерных атак.

Заключение

Таким образом, в разработанном алгоритме обеспечивается повышение защищенности IP-сетей от сетевой разведки и последующего совершения компьютерных атак, за счет изменения IP-адресов узлов сети в случайном порядке через достаточно малые интервалы времени, без прерывания важных сетевых соединений.

Список литературы

1. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Voprosy kiberbezopasnosty. – 2019. – № 1 (29). – P. 10-17.

2. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

3. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 97-102.

4. Соколовский, С. П. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, А. В. Волков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 70-73.

5. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

6. Соколовский, С. П. Применение адаптивных нечетких систем в вопросах разработки средств выявления несанкционированных воздействий на информацию / С. П. Соколовский, Н. А. Усов // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XVI Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 11-12 февраля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 259-264.

7. Соколовский, С. П. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / С. П. Соколовский, Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

8. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / С. П. Соколовский [и др.] // Технические и технологические системы : сб. тр. участников IX Междунар. научной конф. "Технические и технологические системы" (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117-121.

9. Соколовский, С. П. Модель конфликта в информационной сфере / С. П. Соколовский, С. Р. Шарифуллин, Е. С. Маленков // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос" (Краснодар, 12-13 апреля 2018 г.). – Краснодар, 2018. – С. 229-304.

10. Соколовский, С. П. Нейросетевая реализация модуля выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения / С. П. Соколовский, А. В. Душкин // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 123-126.

11. Соколовский, С. П. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

12. Соколовский, С. П. Модель функционирования системы распознавания угроз безопасности информационно-телекоммуникационной системе / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, С.

В. Скрыль // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – № 12. – С. 167-170.

13. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов, С. Л. Катунцев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2018. – № 3. – С. 239-248.

14. Соколовский, С. П. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр // Информация и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 305-308.

15. Моделирование системы конфликтных взаимодействий в информационной системе критического применения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 4. – С. 74-84.

16. Sokolovsky, S. P. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Information Systems and Computer Modeling : selected papers of the XIX International scientific and methodological conference "Information Systems and Computer Modeling" (Voronezh, 14-15 February 2019). – Voronezh, 2019. – P. 639-643.

17. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / С. П. Соколовский [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

18. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

19. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20-21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 47-52.

20. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире : сб. тр. участников I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в

современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.

21. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : сб. тр. участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447-448.

22. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

23. Соколовский, С. П. Разработка программного обеспечения для оценки бескомпроматности средств сетевой защиты / С. П. Соколовский [и др.] // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XVIII Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 91-96.

Обработка больших данных в задачах оценки точности наведения беспилотных летательных аппаратов по рельефу земной поверхности

Н. А. Босиков, e-mail: qwalterp@gmail.com [1]
В. И. Лютин, e-mail: ljutin@mail.ru [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина

Аннотация. *В работе на основе теории различения статистических гипотез синтезирован алгоритм обработки данных о рельефе земной поверхности при определении отклонений траектории движения беспилотного летательного аппарата от заданного направления. Проведена оценка влияния качества обработки геофизических данных на точность коррекции траектории беспилотного летательного аппарата. Определены требования к минимальному объёму данных, при которых обеспечивается требуемая точность коррекции траектории.*

Ключевые слова: *теория различения гипотез, достаточная статистика, имитационное моделирование.*

Введение

Точность вывода беспилотных летательных аппаратов (БЛА) при доставке грузов в труднодоступных и малонаселённых местностях, к каковым относятся арктические области, где затруднительна корректировка траектории полёта по сигналам от системы глобального позиционирования (GPS) при действии полярных сияний [1], в основном определяется инерциальной навигационной системой (ИНС) [2], чего может оказаться недостаточно. В связи с этим актуальным становится корректировка траектории по рельефу земной поверхности.

Сведения о рельефе земной поверхности представляют собой пространственные базы данных, хранящие данные о двухмерных, 2,5-мерных и трехмерных объектах. Рельеф отображается массивом высот, формируемых при картографическом зондировании земной поверхности с некоторой высоты над ней, и относится 2,5-мерным объектам. Это особый тип пространственных данных – двухмерные объекты, которые находятся на некотором постоянном удалении относительно третьего

© Босиков Н. А., Лютин В. И., 2020

измерения; величина этого удаления и является таким дополнительным «половинным» измерением. Большинство 2,5-мерных пространственных баз данных содержит картографические сведения и часто называется геоинформационными системами (ГИС) [3].

Цель работы – синтез алгоритма определения отклонения линии пути беспилотного летательного аппарата от заданного направления и оценка точности наведения по результатам анализа рельефа земной поверхности.

1. Синтез алгоритма

В системах обработки больших данных требуется высокая скорость принятия решений, поэтому должны применяться элементы искусственного интеллекта, осуществляющего сопоставление поступающих данных с образцами ожидаемых данных с применением свёртки, приводящей к переходу от больших данных к малым. В связи с этим требуется решение задач пересчёта отсчётов высот земной поверхности, и синтеза оптимального алгоритма автоматической системы принятия решений.

Через выделенный участок земной поверхности с размерами $A \times B$ в системе координат $x0y$ с осью y, ориентированной вдоль направления «север-юг», проходит желаемая линия пути БЛА с азимутом φ, как показано на рисунке 1.

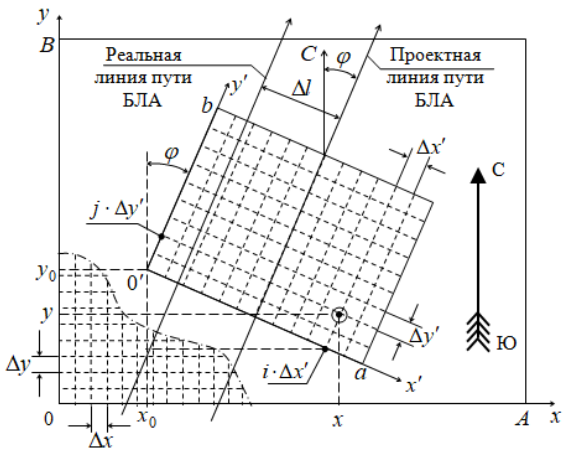


Рис. 1. Выделение области коррекции траектории БЛА

На участке заданы отсчёты высот земной поверхности с интервалами дискретизации $\Delta x, \Delta y$ вдоль осей координат:

$$h\left(n\cdot\Delta x, m\cdot\Delta y\right),\ n=\overline{0,N},\ m=\overline{0,M},\ N=A/\Delta x,\ M=B/\Delta y, \qquad (1)$$

С применением интерполяционной формулы восстанавливается непрерывная функция высот земной поверхности [4]

$$h(x,y)=\sum_{n=0}^{N}\sum_{m=0}^{M}h\left(n\Delta x, m\Delta y\right)\cdot\frac{\sin\left[\omega_x\left(x-n\Delta x\right)/2\right]}{\omega_x\left(x-n\Delta x\right)/2}\cdot\frac{\sin\left[\omega_y\left(y-m\Delta y\right)/2\right]}{\omega_y\left(y-m\Delta y\right)/2} \qquad (2)$$

где $\omega_x=2\pi/\Delta x$, $\omega_y=2\pi/\Delta y$ – частоты дискретизации по осям координат.

На выделенном участке выбирается область коррекции траектории БЛА с размерами $a\times b$ в системе координат $x'0'y'$ с осью y', ориентированной вдоль желаемой линии пути БЛА, делящей область коррекции на две равные части. Таким образом, система координат $x'0'y'$ повёрнута на угол φ относительно системы координат $x0y$. Ширина области коррекции a выбирается с учётом возможных реальных положений линии пути БЛА от желаемого. Протяжённость области коррекции выбирается с учётом требуемого качества определения положения реальной линии пути БЛА. Область коррекции может составлять от 10 до 100 км по каждому из направлений [2].

Интервалы дискретизации при вычислении высот поверхности в области коррекции равны $\Delta x'=a/I$, $\Delta y'=b/J$, где I и J – число отсчётов на осях $0'x'$ и $0'y'$.

Значения отсчётов высот определяются из условия $h(i,j)=h(x,y)$, где координаты x, y определяются соотношениями

$$\begin{aligned} x &= x_0+i\cdot\Delta x'\cdot\cos\varphi+j\cdot\Delta y'\cdot\sin\varphi,\\ y &= y_0-i\cdot\Delta x'\cdot\sin\varphi+j\cdot\Delta y'\cdot\cos\varphi \end{aligned} \qquad (3)$$

Сформированные отсчёты высот области коррекции являются эталонными, с ними сравниваются отсчёты высот, измеряемых БЛА при полёте над областью коррекции. Причём реальная линия пути проходит вблизи одной из известных последовательностей высот. Каждая из последовательностей отсчётов при изменении $j=\overline{0,J}$ при фиксированных $i=\overline{0,I}$ является эталоном для сравнения с измеренными высотами при проходе БЛА над областью коррекции траектории. Проектная линия пути БЛА проходит над центральной последовательностью отсчётов высот области коррекции, реальная

линия пути проходит практически параллельно проектной на линейном удалении Δl и не совпадает ни с одной последовательностью отсчётов высот. Наибольшее отклонение линии пути БЛА от любой из $i=\overline{0,I}$ последовательностей отсчётов высот не превосходит $\Delta x'/2$, а взятие отсчётов высот высотомером БЛА не совпадает с линиями $j\cdot\Delta y'$.

При проходе над областью коррекции БЛА проводит измерение высот земной поверхности под линией пути. Для определения местоположения реальной линии пути БЛА построим гипотезы $H_i \quad i=\overline{0,I}$ о том, что реальная линия пути отклонена не более чем на $\pm\Delta x'/2$ от одной из i, $i=\overline{0,I}$ последовательностей отсчётов эталонов высот. Формируемое наблюдение векторное $\vec{S}=\{s_0,s_1,\ldots,s_k,\ldots,s_K\}$, каждый компонент которого при справедливости гипотезы $H_i \quad i=\overline{0,I}$ равен [5]

$$s_k = h_{i_k} + n_k \quad k=\overline{0,K} \quad i=\overline{0,I} \quad H_i, \tag{4}$$

где n_k – ошибки измерения высот, вызванные неточностью измерений и не совпадением точек взятия отсчётов наблюдаемых высот с эталонными отсчётами высот.

Так как БЛА проходит на точно неизвестной высоте над областью коррекции, то определим высоту как удаление от «половинного» измерения, за которое примем средние значения измеренных и эталонных высот. Тем самым исключается неопределённость реальной высоты пролёта БЛА, что означает исключение постоянной составляющей.

Ввиду многочисленности причин, приводящих к несовпадению взятых отсчётов высот от заданных в памяти, и ошибок измерения, отсчёты n_k считаются помехой и принимаются нормальными с нулевым средним и дисперсией σ^2.

Требуется определить, вблизи какой из $i=\overline{0,I}$ последовательностей отсчётов проходит реальная линия пути БЛА, и найти линейное отклонение Δl реальной линии пути от проектной.

Условные (обратные) вероятности гипотез при получении векторного наблюдения $\vec{S}$ определяются по формуле Байеса [6]

$$P\left(H_i\middle|\vec{S}\right)= P(H_i)\cdot P\left(\vec{S}\middle|H_i\right)\Big/\sum_{r=0}^{I} P(H_r)\cdot P\left(\vec{S}\middle|H_r\right), \tag{5}$$

где $P(H_i)$ – априорные вероятности гипотез, $P\left(\vec{S}\middle|H_i\right)$ – апостериорные вероятности наблюдений $\vec{S}$ при гипотезе $H_i \quad i=\overline{0,I}$.

Так как знаменатель для всех гипотез в (5) одинаков, то при равенстве априорных вероятностей гипотез $P(H_i)=(I+1)^{-1}$, переходе к плотностям распределения вероятностей $dP\left(\vec{S}\middle|H_i\right)=w\left(\vec{S}\middle|H_i\right)\cdot d\vec{S}$ и введении постоянной нормировки $C^{-1}=\sum_{r=0}^{I} w\left(\vec{S}\middle|H_r\right)$ получим

$$P\left(H_r\middle|\vec{S}\right)=C\cdot w\left(\vec{S}\middle|H_r\right) \tag{6}$$

Критерий отношения правдоподобия при выборе наибольшей вероятности в этом случае нецелесообразен, так как нельзя выбрать одну из гипотез как фон, поэтому выбор будет по максимуму обратной вероятности или соответствующей ей плотности вероятностей.

При ортогональности и статистической независимости эталонов и при независимости отсчётов шума (ошибок измерения высот) $n_k \quad k=\overline{0,K}$ плотность распределения вероятностей равна

$$w\left(\vec{S}\middle|H_j\right)=\frac{1}{\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)^{K+1}}\exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}\sum_{k=0}^{K}\left(s_k-h_{j_k}\right)^2\right\} \tag{7}$$

Стоящая в показателе экспоненты сумма квадратов разностей поступивших данных с ожидаемыми эталонными значениями в теории различения гипотез называется достаточной статистикой, представляющей собой случайное число и содержащей всю информацию о поступивших данных [5]

$$\xi_j=\sum_{k=0}^{K}\left(s_k-h_{j_k}\right)^2 \quad j=\overline{0,I} \tag{8}$$

В вычислении достаточной статистики и состоит понижение размерности больших данных до малых. Максимизация вероятности соответствует минимизации показателя экспоненты или минимизации достаточной статистики [5]

$$H_i: \quad i=\min_j\left\{\sum_{k=0}^{K}\left(s_k-h_{j_k}\right)^2\right\} \quad j=\overline{0,I}\,. \tag{9}$$

Достаточная статистика в рассматриваемом случае есть дисперсия отклонения поступивших данных от ожидаемых значений по различным гипотезам.

Среднее значение отклонения линии пути БЛА

$$\Delta l = \sum_{i=0}^{I} P\left(H_i \middle| \vec{S}\right) \cdot l_i, \quad l_i = i \cdot \Delta x' - a/2 \,. \tag{10}$$

Дисперсия ошибки определения положения линии пути БЛА

$$\sigma_{\Delta l}^2 = \sum_{i=0}^{I} P\left(H_i \middle| \vec{S}\right) \cdot \left(l_i - \Delta l\right)^2 \tag{11}$$

Угол поворота линии пути БЛА в сторону точки встречи с целью

$$\Delta\varphi = \arctan\left(\Delta l / L\right), \tag{12}$$

где L – дальность от области коррекции линии пути БЛА до точки встречи с целью.

2. Анализ точности наведения

Вероятность правильного определения гипотезы о положении линии пути определяется в соответствии с методикой [7] и равна

$$P_{прав} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{1}{2} + \Phi_0\left(\sqrt{q} + y\right)\right]^I \cdot \exp\left\{-y^2/2\right\} \cdot dy \,, \tag{13}$$

где $\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^z \exp\left\{-t^2/2\right\} \cdot dt$ – нормированная функция ошибок;

$q = \frac{1}{2 \cdot \sigma^2} \sum_{k=0}^{K} h_k^2$ – параметр различения проверяемой гипотезы.

Для оценки точности определения положения линии пути БЛА вычислялись значения дисперсии (11) имитационным моделированием методом Монте-Карло. На рисунке 2 приведены зависимости вероятности правильного решения $P_{прав}$ и относительной дисперсии ошибки определения положения линии пути БЛА $\delta = \sigma_{\Delta l}^2 / \sigma_0^2$, где $\sigma_0 = \delta\alpha \cdot L_0$ – среднеквадратическое линейное отклонение (СКО) линии пути при угловом СКО $\delta\alpha$ =5 мрад и дальности L_0 от точки запуска БЛА до области коррекции траектории.

Из графиков зависимостей вероятности правильного решения видно, что при фиксированном значении параметра различения проверяемой гипотезы возрастание числа различаемых положений

траектории приводит к уменьшению вероятности правильного определения положения траектории и приводит к уменьшению относительной дисперсии ошибки, но при значениях параметра различения проверяемой гипотезы более 20 уменьшение несущественно, следовательно, погрешность измерения высоты должна быть не более, чем $(20\times 2)^{-0,5}\times 100\% = 15...16\%$ от среднеквадратического отклонения высот зондируемой поверхности.

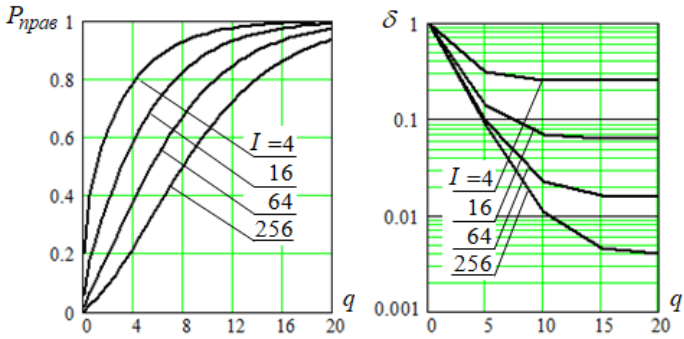


Рис. 2. Вероятность правильного решения $P_{прав}$ и относительная дисперсия δ ошибки определения положения линии пути БЛА

Заключение

Таким образом, в результате исследований синтезирован алгоритм обработки данных о рельефе земной поверхности при определении отклонений траектории движения летательного аппарата от заданного направления и установлено, что погрешность измерения высоты должна быть не более, чем 15…16% от среднеквадратического отклонения высот зондируемой поверхности.

Список литературы

1. Черноус, С. А. Навигация GPS/ГЛОНАСС в Арктике и полярные сияния / С. А. Черноус // Вестник Мурманского государственного университета. – 2016. – Т. 19, №4. – С. 806-812.

2. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации / М. С. Ярлыков – М. : Радио и связь, 1985. – 345 с.

3. Просто о больших данных / Гурвиц Джудит [и др.]: [перевод с английского]. – Москва : Эксмо, 2015. – 400 с.

4. Каппелини, В. Цифровые фильтры и их применение / В. Каппелини, А. Дж. Константинидис, П. Эмилиани. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.

5. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции / Г. Ван Трис. – М. : Советское радио, 1972. – Т. 1 – 742 с.

6. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учеб. для вузов. / Е. С. Вентцель. – 11-е изд. стер. – М. : КНОРУС, 2010. – 664 с.

7. Гуткин, Л. С. Теория оптимальных методов радиоприёма при флуктуационных помехах : / Л. С. Гуткин. – М. : Советское радио, 1972 – 448 с.

Повышение точности классификации рентгеновских снимков с использованием дообучения составной нейросети

В. Р. Выгоняйло, email: 1078978@bsu.edu.ru
В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. *Данная статья посвящена решению задачи классификации рентгеновских снимков грудной клетки при помощи приема дообучения предобученной сверточной нейронной сети, обученной на малых наборах данных. Используется обучаемый бинарный классификатор для выявления наличия или отсутствия патологии нижних дыхательных путей. В работе приведены результаты вычислительного эксперимента и показано улучшение точности при решении задачи классификации. Исследование направлено на выявление качественного улучшения показателя точности при применении составной нейронной сети.*

Ключевые слова: *классификация изображений, рентгеновские снимки грудной клетки, составные нейронные сети, нейронные сети, сверточные нейронные сети, keras, tensorflow.*

Введение

Туберкулез - это инфекционное заболевание, вызываемое бактерией Mycobacterium tuberculosis. Туберкулез является основной причиной смерти от инфекционных заболеваний во всем мире, наряду с синдромом приобретенного вируса иммунодефицита человека (известным как ВИЧ). В 2014 году примерно 9600000 человек заболели туберкулезом, что привело к 1500000 смертей [1].

Хотя следует избегать неизбирательного массового скрининга на туберкулез, Всемирная Организация Здравоохранения рекомендует более широко использовать скрининг с помощью рентгенографии грудной клетки и быстрой молекулярной диагностики для отдельных групп высокого риска [1]. Рентгенография грудной клетки является важной частью многих алгоритмов скрининга на туберкулез во всем мире [1-2]. Кроме того, визуализация также играет важную роль в обследовании пациентов с подозрением на туберкулез легких [2-3].

Известно [4-5], что во многих местах с преобладанием туберкулеза наблюдается относительный недостаток опыта в интерпретации

© Выгоняйло В. Р, Михелев В. М., 2020

результатов рентгенографии, что может отрицательно сказаться на эффективности скрининга и обследования. Эффективный автоматизированный и экономически эффективный метод может помочь улучшить результаты обследований в развивающихся странах и облегчить раннее выявление заболеваний. Однако исследование не всегда располагает большим набором входных данных или большим объемом вычислительных мощностей [4, 7].

1. Описание датасета

Датасет Pulmonary Chest X-Ray Abnormalities содержит рентгеновские снимки грудной клетки человека в формате изображения *.png, имеет обучающую и тестовую выборки. Этот набор данных содержит более 500 рентгеновских снимков с клиническими метками, собранными рентгенологами.

Перед началом вычислительного эксперимента необходимо подготовить входной набор данных:

2. Создать общий каталог, который будет подаваться, как входные данные.
3. В общем каталоге разместить еще два: каталог данных для обучения и каталог данных для проверки.
4. В каталогах для обучения и проверки разделить медицинские снимки еще на два каталога: с патологией и без.
5. Привести каждое изображение к размеру 299 x 299 px.

2. Составная нейронная сеть на основе Inception V3

Существует несколько моделей сверточных нейронных сетей для классификации изображений: LeNet, AlexNet, VGG, Inception и ResNet. Из вышеперечисленных только две архитектуры отличаются наличием глубоких слоев: Inception (22 слоя) и ResNet (152 слоя), что несомненно влияет на стоимость вычислений. Несмотря на то, что Inception имеет меньше слоев, чем ResNet, в ней имеются параллельные сверточные слои с фильтрами различного размера (например, 1x1, 3x3, 5x5). Также, использование обратной связи по ошибкам в нескольких точках сети дает оптимальные количественные и качественные показатели точности и скорости вычисления для вычислительного эксперимента в данном исследовании.

Для создания составной сети необходимо подключить все необходимые модули из keras в составе tensorflow. Далее задается размер входных изображений (299), потому что именно на изображениях такого размера обучена модель inception v3. Устанавливается размер мини выборки – 32.

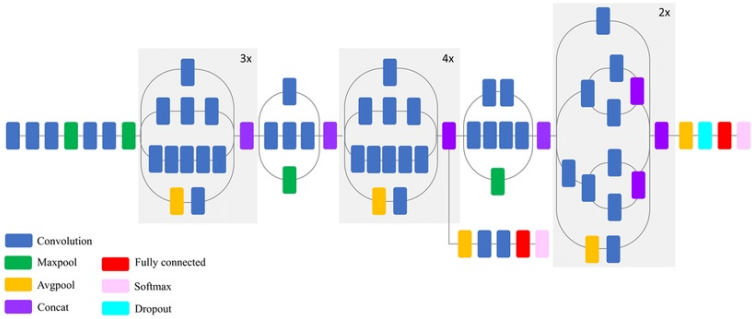
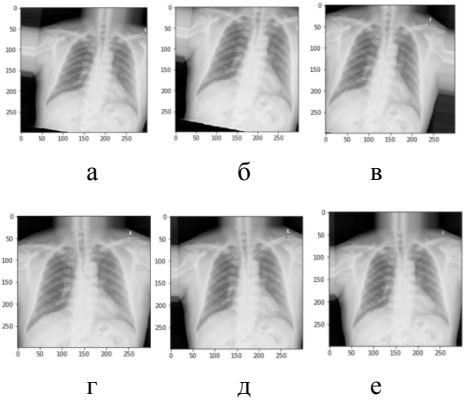


Рис. 1. Иллюстрация архитектуры сети Inception

Загружаем данные из ранее подготовленной директории. Так как дынных в данном датасете не очень много, то используем дополнение данных с помощью генераторов keras: каждый пиксель изображения будет разделен на 255, изображения будут поворачиваться на угол до 10 градусов, будут выполнятся сдвиги по осям до 10% и размер изображения будет изменятся в пределах 10% (рис. 2).



а – изображение повернуто вправо, б – изображение повернуто вправо и сдвинуто вверх, в – изображение сдвинуто влево, г – изменен размер изображения, д – изображение сдвинуто вправо, е – изображение сдвинуто вниз

Рис. 2. Изображения, созданные генератором keras

Далее загружаем предварительно обученную сеть Inception и “замораживаем” веса предварительно обученной сети.

Создаем составную нейронную сеть на основе загруженной, добавляем к сети новый классификатор: добавляем слой GlobalAveragePooling2D, один полносвязный слой с 512 нейронами, выбираем полулинейную активацию и используем пакетную нормализацию, слой dropout с показателем 0,5 и выходной слой с одним нейроном и функцией активации sigmoid.

Sigmoid изменяется от 0 до 1 и хорошо подходит для бинарной классификации.

В результате получаем составную модель, которая в начальной части содержит слои inception, а в конце - добавленный полносвязный слой.

Компилируем модель, в качестве функции ошибки используем бинарную перекрёстную энтропию, оптимизатор RMSprop, так как используем предварительно обученную модель, то используем низкий параметр скорости обучения (1e-4) и метрику качества обучения – accuracy (доля правильных ответов).

Сохраняем модель, только если доля правильных ответов на проверочном наборе данных лучше, чем на предыдущих этапах. Уменьшаем параметр скорости обучения, если в течении 3 эпох не изменяется доля правильных ответов на проверочном наборе данных.

3. Вычислительный эксперимент

Обучаем нейронную сеть с помощью метода fit_generator в течении 20 эпох (рис. 3).

```
4/4 [==============================] - 1s 238ms/step - loss: 0.5237 - acc: 0.8500

Epoch 00017: val_acc improved from 0.76667 to 0.85000, saving model to inceptionv3
 - 18s - loss: 0.0531 - acc: 0.9794 - val_loss: 0.5237 - val_acc: 0.8500
Epoch 18/20
4/4 [==============================] - 1s 211ms/step - loss: 0.5649 - acc: 0.8583

Epoch 00018: val_acc improved from 0.85000 to 0.85833, saving model to inceptionv3
 - 18s - loss: 0.0160 - acc: 0.9956 - val_loss: 0.5649 - val_acc: 0.8583
Epoch 19/20
4/4 [==============================] - 1s 212ms/step - loss: 0.5229 - acc: 0.8833

Epoch 00019: val_acc improved from 0.85833 to 0.88333, saving model to inceptionv3
 - 17s - loss: 0.0166 - acc: 0.9956 - val_loss: 0.5229 - val_acc: 0.8833
Epoch 20/20
4/4 [==============================] - 1s 210ms/step - loss: 0.5804 - acc: 0.8833

Epoch 00020: val_acc did not improve from 0.88333
 - 16s - loss: 0.0317 - acc: 0.9897 - val_loss: 0.5804 - val_acc: 0.8833
```

Рис. 3. Результат по завершению обучения, доля правильных ответов на проверочном наборе данных 0.8833

Для улучшения точности “размораживаем” два последних блока Inception и дообучаем модель на новом наборе данных.

Загружаем лучшие веса, которые были получены в ходе обучения, “размораживаем” слои Inception, начиная от слоя 249 и далее компилируем сеть с теми же параметрами. Запускаем процесс дообучения еще на 5 эпох (рис. 4).

```
Epoch 00001: val_acc improved from -inf to 0.90000, saving model to inceptionv3_fine
 - 19s - loss: 0.0770 - acc: 0.9882 - val_loss: 0.5316 - val_acc: 0.9000
Epoch 2/5
4/4 [==============================] - 1s 207ms/step - loss: 0.5466 - acc: 0.8917

Epoch 00002: val_acc did not improve from 0.90000
 - 10s - loss: 0.0154 - acc: 0.9971 - val_loss: 0.5466 - val_acc: 0.8917
Epoch 3/5
4/4 [==============================] - 1s 234ms/step - loss: 0.5259 - acc: 0.8833

Epoch 00003: val_acc did not improve from 0.90000
 - 14s - loss: 0.1290 - acc: 0.9809 - val_loss: 0.5259 - val_acc: 0.8833
Epoch 4/5
4/4 [==============================] - 1s 204ms/step - loss: 0.5758 - acc: 0.8833

Epoch 00004: val_acc did not improve from 0.90000

Epoch 00004: ReduceLROnPlateau reducing learning rate to 4.999999873689376e-05.
 - 19s - loss: 0.0163 - acc: 0.9941 - val_loss: 0.5758 - val_acc: 0.8833
Epoch 5/5
4/4 [==============================] - 1s 213ms/step - loss: 0.6435 - acc: 0.8750

Epoch 00005: val_acc did not improve from 0.90000
 - 11s - loss: 0.0174 - acc: 0.9926 - val_loss: 0.6435 - val_acc: 0.8750
```

Рис. 4. Результат по завершению обучения, доля правильных ответов на проверочном наборе данных 0.9000

Лучшая доля правильных ответов получилась уже на первой же эпохе (0.9). Далее доля правильных ответов начала падать, а на обучающем наборе данных увеличиваться, это означает, что началось переобучение. Сравнение значений результатов обучения приведены в таблице.

Таблица

Доля правильных ответов на проверочном наборе

обучение		**дообучение**	
эпоха	**доля правильных ответов**	**эпоха**	**доля правильных ответов**
17	0.8500	1	0.9000
18	0.8583	2	0.8917
19	0.8833	3	0.8833
20	0.8833	4	0.8750

Из таблицы видно, что при дообучении доля правильных ответов повысилась на первой эпохе, а затем начала падать, это означает что наступило избыточное обучение.

Важно отметить, что временные затраты на обучения зависят от аппаратного обеспечения.

Параметры стенда: NVIDIA gforce 940m + Intel Core i5 6300 HQ + 16GB RAM.

Также для использования tensorflow-gpu необходимо установить следующее программное обеспечение:

- NVIDIA GPU drivers —CUDA 10;
- CUDA Toolkit;
- CUPTI;
- cuDNN SDK (>= 7.4.1).

Заключение

В ходе вычислительного эксперимента было выявлено, что дообучения составной нейронной сети, может повысить точность обученной ранее обученной модели. Однако стоит отметить, что данный способ стоит использовать только при малом количестве входных данных или же при отсутствии больших вычислительных мощностей, которые будут не в состоянии обработать большой объем данных или за приемлемое время.

Если же имеются достаточные входные данные и вычислительные мощности, то следует обучать новую модель. Предварительное обучение по тангенциально связанным наборам данных, таким как ImageNet, помогает в ситуациях, когда данные обучения ограничены, но может привести к непреднамеренным искажениям, которые нежелательны в клинических условиях.

Поддержка

Грант РФФИ номер 19-07-00133 А «Разработка интеллектуальных высокопроизводительных методов распознавания медицинских изображений и создание компьютерной системы поддержки принятия решений в виде облачного сервиса для прогнозирования и диагностики в персональной медицине».

Список литературы

1. World Health Organization. Global tuberculosis report 2015 [Electronic resource]. Access mode: http://apps.who.int/iris/ bitstream/10665/191102/1/9789241565059_ eng.pdf

2. World Health Organization. Systematic screening for active tuberculosis: Principles and recommendations [Electronic resource]. Access

mode:
http://www.who.int/tb/publications/Final_TB_Screening_guidelines.pdf

3. Chest tuberculosis: Radiological review and imaging recommendations. / Bhalla A.S [et al.] // Indian J Radiol Imaging – 2015. - №25(3). – P. 213–225.

4. An automated tuberculosis screening strategy combining X-ray-based computer-aided detection and clinical information. / Melendez J, [et al.] // Sci Rep – 2016. - №6.

5. High sensitivity of chest radiograph reading by clinical officers in a tuberculosis prevalence survey. / Hoog A.H [et al.] // Int J Tuberc Lung Dis – 2011. - №15(10). - P. 1308–1314.

6. Antani S. Automated Detection of Lung Diseases in Chest X-Rays. A Report to the Board of Scientific Counselors. US National Library of Medicine [Electronic resource]. Access mode: https://lhncbc.nlm.nih.gov/system/files/pub9126.pdf

7. Jaeger S. Automatic screening for tuberculosis in chest radiographs: a survey. / Jaeger S, Karargyris A, Candemir S // Quant Imaging Med Surg – 2013. - №3(2). P. 89–99.

Система защиты помещения от несанкционированного съема акустической информации

В.И. Гетман, e-mail: svv62vvs@mail.ru
В.В. Селютин, e-mail: svv62vvs@mail.ru
Д.Н. Смирнов, e-mail: 48dimka54@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *В статье рассматривается перспективный способ физической защиты VIP-зоны помещения для предотвращения утечки акустической информации, имеющий признаки системного, а также направления его технической реализации.*

Ключевые слова: *акустическая информация, канал утечки информации, VIP-зона помещения, защита, линия связи.*

Введение

Информационная сфера играет все значительную роль в обеспечении безопасности всех сфер жизнедеятельности общества. Через эту сферу реализуется значительная часть угроз не только национальной безопасности государства, но и экономическому благополучию учреждений и предприятий.

Одними из основных источников угроз информационной безопасности являются: преступные сообщества, конкурентные организации, группы и формирования и противозаконная деятельность отдельных лиц, направленная на сбор или хищение ценной информации, закрытой для доступа посторонних лиц.

1. Перспективный способ физической защиты VIP-зоны помещения для предотвращения утечки акустической информации

Рассматривая общую схему известных каналов утечки информации (рис. 1), возможно утверждать, что наибольшую физическую уязвимость имеет именно акустическая или речевая информация, доступная негласному съему. Осуществление этих, явно противоправных действий, доступно как через всевозможные коммуникации, так и непосредственно внутри объема помещения.

С одной стороны известные каналы утечки информации хорошо изучены и описаны [1], но с другой, как выясняется на практике, они все же недостаточно защищены и требуют как повышенного внимания, так и специальных мероприятий – ввиду современных реалий.

© Гетман В.И., Селютин В.В., Смирнов Д.Н., 2020

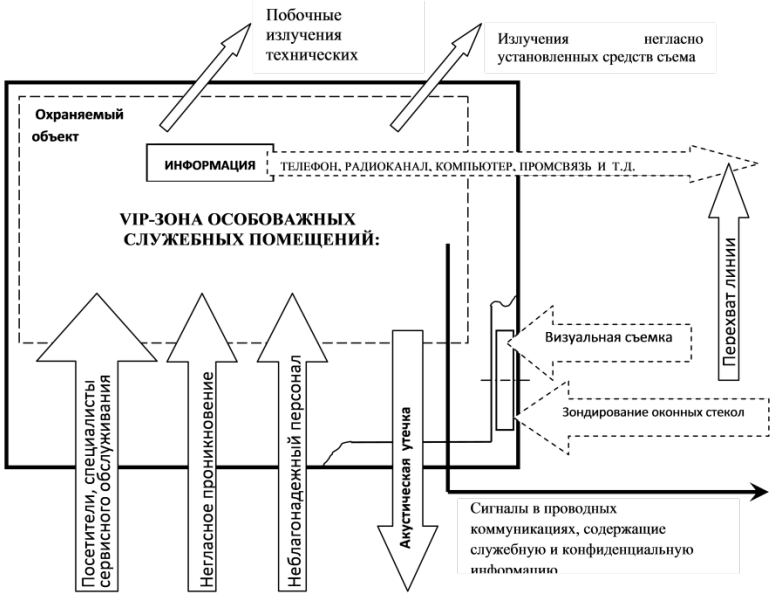


Рис. 1. Возможные каналы утечки информации

Так, по статистике, существует небольшой, но вполне объяснимый, парадокс: количество зарегистрированных преступлений в сфере информационной безопасности неуклонно растет, а доля применения высокотехнологичной аппаратуры в указанных случаях падает. Причин здесь множество, и, не вдаваясь в их описание, возможно, сделать осторожный вывод: при плотно перекрытом общем доступе к аппаратуре высшего уровня (специальными службами), доля применения простейших технических средств в условиях определенной потребности в первичной коммерческой и личной информации со временем только возрастает.

Отчасти, с одной стороны, это объяснимо доступностью простейших и недорогих средств негласного съема информации на всевозможных интернет-площадках (и даже таких проверенных гигантов как «Али-экспрэсс», «Том-топ» и др.). С другой стороны – очевидна нынешняя тенденция падения технического образования и квалификации, как в общей человеческой массе, так и в массе злоумышленников: прошли времена технических гениев-самоучек (речь не идет о промышленном и коммерческом шпионаже мировых гигантов индустрии). С третьей стороны: современное падение многих

моральных устоев неизбежно повлечет за собой повышение «спроса» на конфиденциальную информацию различного характера. Результатом такой сложившейся ситуации является необходимость гораздо чаще проверять VIP-зоны и посетителей на предмет скрытой аппаратуры, а так же учитывать современные негативные тенденции в вышеозначенной области.

Таким образом, одной из задач службы охраны любого предприятия, учреждения, юридического лица, предпринимателя, не имеющих в своей структуре специализированного отделения, можно считать и задачу защиты акустической информации. Эта задача, в свою очередь, подразделяется на несколько частных задач: собственно охрана информации различными способами и техническая защита ее физических носителей (VIP-зон, отдельных помещений, персон на переговорах и т.д.).

Объектом защиты является, прежде всего, служебная информация учреждения, фирмы или юридического лица. Характер этой информации достаточно широк – от стратегических планов развития, характеристик новых, перспективных образцов продукции, до кадрового состава и режима охраны объекта. С другой стороны, большой интерес для противника представляют не только люди, которые имеют доступ к указанной информации, но и места, где эта информация используется. Таким местом, как правило, являются: кабинеты руководства; служебные помещения, где проводятся конфиденциальные переговоры; помещения, где сосредоточены средства оргтехники, на которой обрабатывается указанная информация, включая компьютерные серверы; помещения мини-АТС; хранилища; помещения службы охраны. Наконец, нельзя забывать комнаты и зоны отдыха, где в неформальной обстановке зачастую обсуждаются важные деловые вопросы и принимаются ответственные решения.

В общем случае информация, интересующая противника, может содержаться в некотором произносимом вслух предложении или в той же фразе, но нанесенной на некоторый носитель и воспроизведенный в дальнейшем. Наконец, носителем информации является линия связи, по которой эта информация передается: электромагнитная волна, излучаемая передатчиком радиостанции, включая популярные сотовые телефоны, проводная (телефонная) линия, волоконно-оптический кабель и т.п. Примером тому может быть простая система звукоусиления, установленная в конференц-зале, где проходят служебные совещания. Не стоит также исключать и новых, неизвестных, хаотично появляющихся источников утечки в потенциально опасных местах.

Дальнейший алгоритм действий, в общем случае, прост и известен. Либо источники обнаруживаются и подавляются, либо источники предполагаются и предпринимаются превентивные меры.

В первом случае важным шагом на пути к защите своей информации от негласного съема является принятие мер предосторожности. Имея дело не с профессиональными охотниками за конфиденциальной информацией, можно избежать проблемы, соблюдая известные и проверенные жизнью правила: ограничение доступа в помещение для незнакомых людей; использование подавителя сотовой связи во время переговоров; проверка подарков, полученных от партнеров, конкурентов и третьих лиц; внимательное использование любых радиоэлектронных средств и т.д. На следующем этапе проводятся мероприятия по поиску и уничтожению (нейтрализации) закладных устройств с использованием специальной техники. Такой вариант применим, к сожалению, только при наличии времени и специальной (весьма дорогостоящей) техники.

Во втором случае, предполагая негласный съем акустической информации практически вероятным действием, а личный досмотр посетителя (заинтересованной стороны) невозможным – требуется комплекс мер защитного характера, не раскрывающий намерения хозяина информации о ее защите. Комплекс технических и организационных мероприятий, в этом случае, гораздо менее затратен, но вполне эффективен. Речь идет о зашумлении VIP-зоны помещения, делающим невозможным или некачественным процесс «акусторазведки».

Наибольший урон такой разведке в любом ее проявлении (прослушивании, записи) наносится, безусловно, при комплексном подходе к задаче защиты VIP-зоны помещения и ее полной защите.

Однако полная защита VIP-зоны помещения, как определено на практике, нужна далеко не всегда, да и стоит это весьма дорого. Гораздо чаще нужна уверенность в том, что информация, рожденная или воспроизведенная акустически, в служебном помещении, не покинет его акустическим же путем.

Для определения правильной последовательности действий, при таком подходе к задаче защиты VIP-зоны помещения, и небольшом бюджете организации или частного лица, необходим, как правило, квалифицированный персонал и разумное применение технических средств. Соответственно четкое понимание задач и использование разумного технического функционала – вот главные составляющие для создания безопасной VIP-зоны.

2. Направления его технической реализации

Задачи защиты безопасности VIP-зоны в целом определены выше. С разумным техническим функционалом – сложнее. Априори считается, что сумма необходимых затрат на техническую составляющую защиты помещения пропорциональна квадрату выгоды от внедрения новых идей, обсуждаемых в защищаемом помещении. Но на практике все сводится к звукопоглощению, звукоизоляции и виброакустическому зашумлению (генераторы типа «Заслон», «Кабинет» и им подобные). Сумма затрат с таким подходом пропорциональна лишь объему защищаемого помещения и количеству плоских конструктивных элементов (окна, двери, панели и т.п.). Это – недорого. Но с другой стороны и качество защиты стандартно невысоко. Кроме того, наличие стационарных элементов известных систем – как демаскирующий признак, позволяет свести защиту к невысоким показателям и выбрать любой иной путь утечки акустической информации. Авторы считают такой путь защиты неэффективным и предлагают вспомнить группу альтернативных методов защиты акустической информации основанных на понятности и разборчивости речи.

Понятность речи – основная характеристика, определяющая пригодность канала как для передачи так и для перехвата речи (акустической информации). Непосредственное определение этой характеристики может быть осуществлено статистическим (эвристическим) методом с привлечением экспертов. Существует также косвенный метод количественного определения понятности через ее разборчивость.

Разборчивость – это отношение числа правильно принятых элементов речи (слогов, слов, фраз) к общему числу переданных по каналу элементов (слогов, звуков, слов, фраз и т.п.). Так как в качестве элементов речи применяют звуки, слоги, слова и фразы соответственно различают звуковую, слоговую, словесную, фразовую, смысловую и формантную разборчивость. Между ними существует статистическая взаимосвязь. Все они при испытаниях одной и той же системы будут выражаться разными численными величинами, так как процент правильных оценок для детерминированного сообщения всегда выше, чем для случайного.

Так в соответствии с ГОСТ Р 50840-95 [2] понимание передаваемой по каналам связи речи с большим напряжением внимания, переспросами и повторениями наблюдается при слоговой разборчивости 25…40%, в случае слоговой разборчивости менее 25% имеет место неразборчивость связного текста (срыв связи). Учитывая взаимосвязь словесной и слоговой разборчивости, можно рассчитать, что срыв связи

будет наблюдаться при словесной разборчивости менее 71%. Как видно из приведенных оценок задача оценки канала утечки акустической информации и, соответственно, степени ее защищенности как раз и сводится к оценке (измерению например, методом артикуляции) разборчивости речи и сравнению значения с пороговым. Другими словами: защита акустической информации теоретически возможна при уничтожении числа правильно принятых элементов речи более чем на 30%.

С технической стороны такой вывод открывает новые горизонты применения специальных средств, а именно: возможное снижение мощностей используемых генераторов зашумления; создание и использование сигналов специальной формы для получения требуемого спектра зашумления; принципиальную возможность использования сложно-модулированных мешающих речевых сигналов снижающих формантную разборчивость; определение нетрадиционных путей доставки мешающих сигналов к точке негласного съема.

Таким образом, для максимального эффекта, полная парадигма действий, в свете вышеизложенного, выглядит следующим образом:

- определить физические (геометрические, акустические) характеристики VIP-зоны защищаемого помещения;
- определить степень акустической разборчивости защищаемого объема;
- определить спектральный и временной портрет помещения в звуковом диапазоне;
- определить вид необходимого (оптимального) мешающего (модулирующего) сигнала;
- провести оценку возможных путей доставки выбранного сигнала в защищаемый объем с учетом характеристик помещения;
- экспериментально оценить полученную конфигурацию необходимых технических средств и их требуемых характеристик;
- провести натурное испытание в защищаемом помещении.

Безусловно, полный пакет необходимых действий предполагает квалифицированных специалистов и измерительную технику, способных к акустическим измерениям, но результат стоит своих ожиданий.

При бюджетном же использовании методики, рассчитанной на снижение разборчивости акустической информации возможно использование готовых и стандартных технических средств, заранее приготовленных к решению необходимых задач. Одним из способов

нарушения возможности записи акустической информации на технические носители может быть зашумление помещения надтональными сигналами сложной формы. Большую помощь в этом направлении может оказать библиотека типовых решений или системы с самонастройкой, что принципиально возможно.

Заключение

Общий вывод: Дальнейшая работа в этом направлении может существенно повысить качество применения предлагаемого способа защиты и предложить как другие разновидности методики предложенной защиты речевых сигналов, так и другие подходы, пригодные к применению для физического уничтожения разборчивости речи, применительно к каналам утечки акустической информации.

Список литературы:

1. Энциклопедия шпионажа / Ю. И. Пермогоров [и др.]. – М.: Крон-пресс, 1999, ISBN: 5-232-00779-3, – 814 с.

2. ГОСТ Р 50840–95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости [Текст]. – Введ. 1995-11-25. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – IV, 230 с. : ил. ; 29 см.

Гендерный генетический алгоритм в задаче динамической оптимизации

П. А. Головинский, email: golovinski@bk.ru
С. А. Колодяжный, email: rector@vgasu.vrn.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Излагается общий подход к оптимизации быстро протекающих процессов с использованием гендерного генетического алгоритма. Его отличие от более традиционного генетического алгоритма состоит в разделении искусственной популяции на два пола. Мужские особи субпопуляции подвергаются большим мутациям и более жесткой селекции по сравнению с женскими особями из другого подмножества. Такое разделение позволяет сочетать быструю приспособляемость всей популяции к изменениям за счет вариации мужской субпопуляции с фиксацией приспособляемости в женской части. Отмечается преимущество эффекта дополнительного обучения в сравнении с обычным гендерным генетическим алгоритмом при нахождении оптимальных решений. В качестве перспективного применения гендерного генетического алгоритма обсуждается динамика тушения природных пожаров.*

Ключевые слова: *гендер, генетический алгоритм, эффект Болдуина, динамическая оптимизация.*

Введение

Задача оптимизации является стандартной при нахождении наилучшего решения. В математически ясной форме она выступает в виде поиска экстремума функции многих переменных. Даже при возможности точной постановки, задача не имеет алгоритма гарантированного нахождения абсолютного экстремума. Одним из наиболее успешных методов решения подобных задач является генетический алгоритм (ГА), предложенных Холландом [1], и его многочисленные модификации [2]. ГА построен по аналогии с теорией естественного отбора Дарвина [3] и включает механизмы изменчивости, наследственности и отбора.

Несмотря на многочисленные успехи практического применения ГА, он обладает рядом недостатков, основным из которых можно считать преждевременную сходимость процесса к локальному экстремуму. Это связано с быстрым сокращением генетического

© Головинский П. А., Колодяжный С. А., 2020

разнообразия в процессе отбора. Другой сопутствующей этому явлению проблемой является неспособность к переключению механизма адаптации на новые важные цели, при их появлении. Такие динамические задачи характерны для управления различными видами транспорта и развитием чрезвычайных ситуаций. Все это создает запрос на более эффективные модификации ГА, менее подверженные указанным ограничениям.

В популяционной генетике, изучающий природные организмы, в последние десятилетия достигнут существенный прогресс в понимании механизмов пола и обучения при адаптации видов [4]. Представляется перспективным перенос этих механизмов на искусственные ГА. В настоящей работе описывается гендерный генетический механизм (ГГА) с действительными параметрами и обучением особей в приложении к задачам динамической оптимизации со встроенным механизмом обучения [5]. Он имеет для нас особый интерес, как инструмент для принятия оптимальных решений в условиях быстро меняющейся среды, в первую очередь, при определении расстановки сил и средств тушения лесных пожаров, где ресурсы для решения задачи всегда ограничены, а ситуация развивается очень быстро.

1. Гендерный генетический механизм адаптации

В ряде теоретических популяционных моделей предполагается, что половой отбор усиливает совокупный естественный отбор [6,7]. Благоприятные мутации, возникающие у разных особей, объединяются путем рекомбинации. Бесполая популяция может фиксировать благоприятные мутации только одну за другой, тогда как сексуальная популяция устанавливает их быстрее, объединяя, благодаря половой фиксации, множество новых полезных мутаций в соответствии с так называемым эффектом Фишера-Мюллера. Совместное давление полового отбора в сочетании с естественным отбором является мощной силой ускорения эволюции. Скорость адаптации увеличивается половыми механизмами, поскольку половой отбор обеспечивает более быстрый адаптивный ответ в изменяющихся условиях, фиксируя полезные мутации [8]. На основе прогресса в понимании скорости адаптации было показано, что эта скорость у половых популяций в два раза выше, чем у бесполых. Таким образом, как теоретические, так и экспериментальные результаты популяционной генетики указывают на преимущества полового размножения, по сравнению с бесполым, для выживания популяции в быстро меняющейся среде.

2. Описание алгоритма с эффектом Болдуина

Половой отбор является лишь одним из многих факторов популяционной генетики. ГГА основан на понятиях мужской энергии и женского выбора из популяционной генетики, и использует две разные схемы отбора одновременно в рамках одного алгоритма [9]. ГГА привносит гендерную концепцию в ГА из биологического прототипа и имеет видимые преимущества по сравнению с классическими ГА, благодаря своей гибкости. Стандартные ГА имеют много достоинств [10], но большинство из них использует механизм двоичного кодирования переменных, что приводит к значительной потере эффективности при поиске решений в многомерных непрерывных пространствах. Это ограничивает использование ГА при построении систем принятия решений для управления сложными объектами. Очевидная проблема возникает, в частности, когда переменная может иметь только конечное число дискретных значений, и двоичное представление неадекватно. Чтобы избежать этих ограничений, были разработаны улучшенные генетические алгоритмы с действительным кодированием, направленные на разрешение преждевременной конвергенции, в форме дифференциальной эволюции [11,12]. Алгоритм дифференциальной эволюции был впервые предложен Сторном и Прайсом [13].

Как и другие эволюционные алгоритмы, фаза инициализации является первым шагом ГГА. Мы используем случайный алгоритм для разделения эволюционной популяции P на два половых подмножества M (мужское) и F (женское), задавая гендерный символ каждой особи $\mathbf{x}$ в соответствии с величиной параметра p_g:

$$\mathbf{x} \in M, \text{ if } p < p_g, \mathbf{x} \in F, \text{ if } p \geq p_g, \quad (1)$$

где случайное действительное число p в интервале [0, 1], обозначает вероятность принадлежности отдельной особи подмножеству M. При практической реализации алгоритма мы полагаем далее $p_g = 0.5$.

Следующий оператор осуществляет кроссовер. Существует много типов кроссоверов с двумя родителями, но ГА с реальным кодированием работает непосредственно с действительными переменными [14]. Для нашего алгоритма мы взяли простой арифметический кроссовер, где новые значения переменных у потомков принимают среднее значение двух выбранных родителей. Берется взвешенная сумма векторных генов двух выбранных родителей с некоторым положительным случайным параметром $\lambda < 1$ для каждого гена. Пусть $\mathbf{x}_i(t)$ является i-й хромосомой поколения t:

$$\mathbf{x} = (x_{i1}(t), x_{i2}(t), \ldots, x_{in}(t)), \tag{2}$$

где n – длина хромосомы, равная количеству переменных фитнес-функции при действительном кодировании. Далее, пусть M, F будут подмножествами мужских и женских родительских особей с численностью N_m, M_f. Тогда, для каждой пары $i \in M, j \in F$ потомство определяется следующим образом:

$$\mathbf{z}_i(t+1) = \mathbf{x}_i(t) + \lambda(\mathbf{x}_i(t) - \mathbf{y}_j(t)), \tag{3}$$

где $\mathbf{x}_i(t)$ и $\mathbf{y}_j(t)$ две случайно выбранные хромосомы, а λ – случайный коэффициент, взятый из интервала (0, 1).

Локальная мутация означает выбор определенного хромосомного вектора для локальной мутации. В качестве оператора мутации мы примем операцию, когда все координаты хромосомы изменяются на случай величины из заданного небольшого диапазона. Мутированный вектор $\mathbf{x}_i(t+1)$ вычисляется с использованием соотношения

$$\mathbf{x}_i(t+1) = \mathbf{x}_i(t) + \mathbf{r}, \tag{4}$$

где случайный вектор $\mathbf{r}$, который называется мутацией, будет маленьким: $|\mathbf{x}_i(t)| >> |\mathbf{r}|$. Мы используем мутацию, в которой случайный вектор подчиняется распределению вероятности Гаусса.

Мы применяем пропорциональный отбор по приспособленности для мужских особей, где уровень пригодности связан с вероятностью выбора каждой отдельной хромосомы:

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^{N_m} f_j}. \tag{5}$$

Здесь f_i – приспособленность i-ой особи, и N_m число особей в мужской подгруппе. Целевая функция $f(\mathbf{x})$ задается параметрами $\mathbf{x}$, принятыми для максимизации. В качестве альтернативы для женских особей мы используем простой случайный выбор.

Для направления адаптации за счет индивидуальной приобретенной приспособленности, мы вводим связанный с обучением эффект Болдуина [15,16]. Обучение достигается с помощью метода Ньютона-Рафсона на основании формулы

$$\mathbf{x}' = \mathbf{x} - H^{-1}\nabla f(\mathbf{x}) \tag{6}$$

с матрицей Гессе H.

Мы принимаем адаптивную генетическую стратегию, согласно которой частота мутаций у женщин p_f и у мужчин p_m снижается постепенно и монотонно во время генетического процесса. Индивидуальный уровень мутаций у женщин и мужчин адаптивно регулируется эволюционным поколением в соответствии с формулами

$$p_{f,m} = p_{f,m0} \exp(-a_{f,m} t / t_{\max}), \quad (7)$$

где p_{f0} и p_{m0} – начальная частота мутаций в женской и мужской подгруппах, а a_f и a_m – положительные константы.

Генетический алгоритм на основе пола с эффектом Болдуина обобщен в псевдокоде, описанном в листинге.

Листинг

Генетический алгоритм на основе пола с эффектом Болдуина

```
%Parameters: Population size N; Maximum evolutionary
generation tmax; Initial values of pm0 and pf0.
1: Begin
2: t:=0;
3: Initialize[P(0)]; %Generate initial population P(t) of
fixed size N at t=0
4: P(t):=GD[P(t), pg]; %Assign gender to each individual in
the population
5: Fit(t):=Evaluation1[P(t)]; %Evaluate the fitness value of
individuals in P(t)
6: while(t<tmax) do
7:P1=Crossover[P(t), Gender]; %Implement gender-based uniform
crossover on P(t) to generate population P1(t)
8: P1(t):=GD[P1(t),pg]; %Determine the gender of individuals
in population P1(t))
9:(pf,pm):=Adaption2[pf0,pm0,t, Gender]; %Adjust mutation rate
of female and male subgroups based on evolutionary generation
and gender
10:P2:=Mutation[P1(t),pf,pm]; %Implement gender-based
mutation on P1(t) to generate population P2(t)
11: GFit(t):=GradEvaluate; %Evaluate gradient of fitness for
individuals in P2(t)
12:PL(t):=Train[P2(t), GFit(t)]; %Implement the Newton-Raphson
correction to generate learned  population PL(t)
13: Fit(t+1):=Evaluation2[PL(t)]; %Evaluate the fitness based
on trained population
14: P(t+1):=Selection/Mate[P2(t)∪P(t),Fit(t+1),Gender];
%Implement elitism reservation,  selection and gender-based
mating on P(t) , P2(t) to generate new population P(t+1)
15: t:= t+1;
16: end while
17: End
```

Эффект Болдуина является полностью дарвиновским по своему механизму. В противоположность этому, еще до Дарвина Ламарк предположил, что организмы сами контролируют эволюцию, и полученные полезные физические характеристики фенотипа могут быть переданы обратно в генотип организма. Нереалистичная в биологии эволюция Ламарка становится мощным понятием в ГА, т.к. обратное сообщение от фенотипа к генотипу является простой компьютерной процедурой. Влияние ламаркизма, так же как и эффекта Болдуина, состоит в заметном увеличении общей эффективности генетического алгоритма. В ламарковской версии алгоритма отбор и спаривание осуществляются с участием обученной популяции.

3. Результаты численных расчетов

Мы приведем пример, демонстрирующий преимущество БГГА. Нашей задачей является сравнение четырех различных зависящих от времени моделей ГА с использованием возмущенной функции фитнеса Растригина [17]:

$$f_R(x,y) = -[20 + x^2 + y^2 - 10(\cos 2\pi x + \cos 2\pi y)]. \qquad (8)$$

Максимальная точка функции имеет координаты $(x_{\max}, y_{\max}) = (0,0)$ и значение

$$f_R(x_{\max}, y_{\max}) = 0. \qquad (9)$$

Зависящая от времени радиальная функция возмущения принимается в виде

$$g(x,y,t) = A_0(-\lambda t / t_{\max}) \exp\left(-\frac{(x-a_x)^2 + (y-a_y)^2}{2\sigma^2}\right), \qquad (10)$$

где λ – масштабный коэффициент скорости изменения амплитуды возмущения во времени, σ – параметр ширины функции, a_x и a_y – координаты положения максимума. Чтобы документировать более высокую гибкость БГГА в отношении селективного давления, было выполнено несколько тестовых прогонов с использованием следующего набора параметров: размер популяции генетического алгоритма $N = 100$, параметры адаптации: $p_{f0} = 0.2$, $p_{m0} = 0.3$, $a_f = 4$, $a_m = 3$, и максимальное эволюционное поколение $t_{\max} = 15$. Количество экспериментов для усреднения по ансамблю реализаций взято равным 500.

Результаты сравнения численных экспериментов с разными алгоритмами для статической целевой функции показывают, что

наиболее эффективным способом адаптации является гендерно-генетический алгоритм с обучением индивидуумов в популяции. Сравнение компьютерного алгоритма Ламарка и алгоритма Болдуина не выявило явного превосходства одного из них.

Оценим способность БГГА продолжать функционировать перед лицом возмущений среды [18], т.е. эффективность алгоритма в решении проблемы «погони за двумя зайцами». При такой постановке задачи скорость изменения среды регулируется параметром λ. На рисунке показана динамика адаптации для БГГА применительно к функции Растригина и возмущающей функции $g(x, y, t)$ из уравнения (10) при $\sigma^2 = 1/40$.

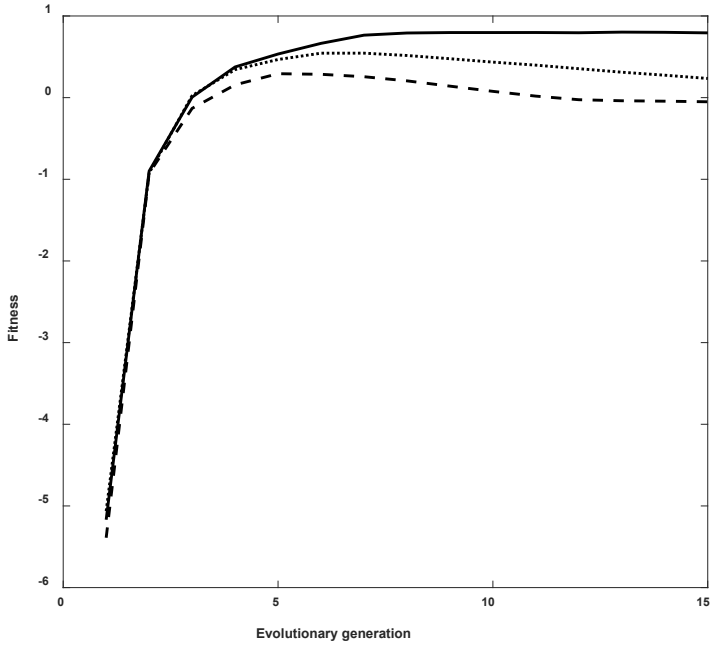


Рисунок. Значения целевой функции в зависимости от номера поколения

Параметр $\lambda = 0.1, 0.5, 1$ соответствует кривым в последовательности сверху вниз. Сплошные и пунктирные линии отслеживают убывающий максимум функции возмущения в окрестности точки $(1,0)$. Пунктирная линия указывает на смещение погони от максимума функции возмущения к максимуму функции Растригина вблизи точки с координатами $(0,0)$. Бифуркация погони с переключением преследования цели возникает при параметре $\lambda = 0.8$. В ЛГГА бифуркация наблюдается при $\lambda = 0.9$, т.е. при более заметных изменениях целевой функции по сравнению с БГГА. Это объясняется большим истощением генетического разнообразия в алгоритме ЛГГА, и, как следствие, реакция алгоритма на изменения в фитнес-функции замедляется. Тот же результат для точки бифуркации наблюдается в простом ГА. Для ГГА точка бифуркации равна 0.8, как для БГГА, но с гораздо более низкой скоростью адаптации.

Сравнение результатов ГА и ГГА с алгоритмами Болдуина и Ламарка показывает, что алгоритм Болдуина является наиболее эффективным в этом наборе. Он отслеживает целевую функцию в процессе ее изменения, обеспечивая своевременное переключение и оптимизацию при появлении нового максимума целевой функции. Этот алгоритм является одним из наиболее перспективных подходов к поиску оптимальных решений в сложных задачах реального времени.

Заключение

В комплексном наборе тестов было показано, что БГГА имеет серьезные преимущества в отношении адаптивности селекционного давления. В классической концепции ГА на селекционное давление может влиять только размер турнирной группы при использовании Tournament Selection. Напротив, при использовании БГГА селекционное давление можно регулировать более точно благодаря возможностям комбинирования различных концепций отбора. Таким образом, пользователь БГГА может лучше настроить алгоритм в соответствии с потребностями решаемой задачи оптимизации. Кроме того, потенциал оптимизации, содержащийся в популяции БГГА, может использоваться в большей степени, поскольку взаимодействие между тенденциями уменьшения разнообразия и факторами его поддержки может быть отрегулировано более точно.

Полученные нами результаты, подтверждающие эффективность БГГА в решении динамических задач оптимизации, позволяют выдвинуть его в качестве инструмента оптимизации для решения проблемы размещения ресурсов при тушении лесных пожаров. С этой целью, предстоит объединить его с развиваемой нами моделью лесного

пожара, построенной на основе использования технологий искусственного интеллекта.

Список литературы

1. Holland, J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems : book / J. H. Holland. – University of Michigan Press, 1975. – 232 p.
2. Lance, C. The Practical Handbook of Genetic Algorithms Applications : book / C. Lance. – Second edition. – Boca Raton: Chapman and Hall, 2001. – 535 p.
3. Darwin, C. On the Origin of Species by Means of Natural Selection : book / C. Darwin. – London: John Murray, 1859. – 486 p.
4. Kim, Y. Rate of adaptive peak shifts with partial genetic robustness / Y. Kim // Evolution. – 2007. – V. 61. – P. 847-856.
5. Hinton, G. How learning can guide evolutions / G. Hinton, S. Nowlan // Computers Systems. – 1987. – V. 1. – P. 495-502.
6. Long, T. A. F. The effect of sexual selection on offspring fitness depends on the nature of genetic variation / T. A. F. Long, A. F. Agrawal, L. Rowe // Current Biology. – 2012. – V. 22. – P. 204-208.
7. Hartfield, M. Current hypotheses for the evolution of sex and recombination / M. Hartfield, P. D. Keightley // Integrative Zoology. – 2012. – V. 7. – P. 192-209.
8. Park, S.-C. Rate of adaptation in sexuals and asexuals: A solvable model of the Fisher-Muller effect / S.-C. Park, J. Krug // Genetics. – 2013. – V. 195. – P. 941-955.
9. Miller, G. F. Exploiting mate choice in evolutionary computation: sexual selection as a process of search, optimization, and diversification / G. F. Miller // Lecture Notes in Computer Science, Fogarty T.C. (eds) Evolutionary Computing. AISB EC. – Berlin: Springer. – 1994. – V. 885. – P. 65-79.
10. Goldberg, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning : book / D. E. Goldberg. – Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Co, 1989. – 432 p.
11. Chen, Li. Real coded genetic algorithm optimization of long term reservoir operation / Li Chen // JAWRA. – 2003. – V. 39. – P. 1157-1165.
12. Ali, M. Z. An improved class of real-coded Genetic Algorithms for numerical optimization / M. Z. Ali [et al] // Neurocomputing. – 2018. – V. 275. – P. 155-166.
13. Storn, R. Differential evolution – a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces / R. Storn, K. Price // Journal of Global Optimization. – 1997. – V. 11. – P. 341-359.

14. Drezner, T. Gender-specific genetic algorithms / T. Drezner, Z. Drezner // Information Systems and Operational Research. – 2006. – V. 44. – P. 117-127.

15. Baldwin, J. M. A new factor in evolution / J. M. Baldwin // American Naturalist. – 1896. – V. 30. – P. 441-451.

16. Zhang, M. A novel sexual adaptive genetic algorithm based on Baldwin effect for global optimization / M. Zhang // International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics. – 2011. – V. 4. – P. 207-227.

17. Растригин, Л. А. Системы экстремального управления : книга / Л. А. Растригин. – М.: Наука, 1974. – 630 с.

18. Stieglitz, N. Adaptation and inertia in dynamic environments / N. Stieglitz, T. Knudsen, M. C. Becker // Strategic Management Journal. – 2015. – V. 37. – P. 1854-1864.

Обоснование задачи динамического управления сетевыми соединениями для предотвращения массовой рассылки спама

А. А. Горбачев, email: druzhochek123@yandex.ru [1]
Г. Ю. Казьмин, email: kazmin_gu@mail.ru [2]

[1] в/ч 42685
[2] Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье приведен анализ и оценка методов предотвращения (снижения) массовой рассылки спама на адреса электронной почты. Большинство существующих методов снижения спама основаны на применении принципов фильтрации сетевого трафика, а также реализации превентивных мер по предотвращению сбора злоумышленниками адресов электронной почты. Одним из перспективных и эффективных технических решений, является использование «network tarpits» сетевых ловушек, реализующих динамическое управление сетевыми соединениями между отправителем и получателем спама, значительно увеличивая затраты вычислительного и временного ресурса спамеров.*

Ключевые слова: *сетевая ловушка, спам, байесовская фильтрация, коллаборативная фильтрация.*

Введение

В настоящее время значительная доля массовой рассылки корреспонденции на адреса электронной почты пользователей является спамом (52,48%), что приводит к серьезным негативным последствиям: экономики стран несут колоссальный финансовый ущерб, увеличивается нагрузка на сетевую инфраструктуру провайдеров, растут затраты времени на сортировку писем пользователями и др. [1].

Существование спама обусловлено, с одной стороны, отсутствием эффективных технических мер по контролю над передачей электронных писем между отправителем и получателем, а также низкой стоимостью доставки электронных писем, с другой стороны, несогласованностью и недостаточной эффективностью законодательных мер по запрету спама в разных странах.

Большинство известных методов защиты от спама основаны на фильтрации писем, имеющей значительные «побочные эффекты», такие

© Горбачев А. А., Казьмин Г. Ю., 2020

как «ложноположительные (отрицательные)» срабатывания, сложность настройки, высокие вычислительные потребности специального программного обеспечения. Кроме того, злоумышленники зачастую сами используют соответствующие фильтры для апробации эффективности рассылки собственного спама.

Одним из перспективных направлением борьбы со спамом является применение, так называемых, «network tarpits» сетевых ловушек [2-6].

1. Обзор методов борьбы со спамом

Наиболее распространенным методом предотвращения массовой рассылки спама является применение фильтрации поступающего контента. Фильтры спама функционируют посредством обнаружения определенных шаблонов, характерных для спама в заголовке или тексте письма. Классификация методов борьбы со спамом представлена на рисунке.

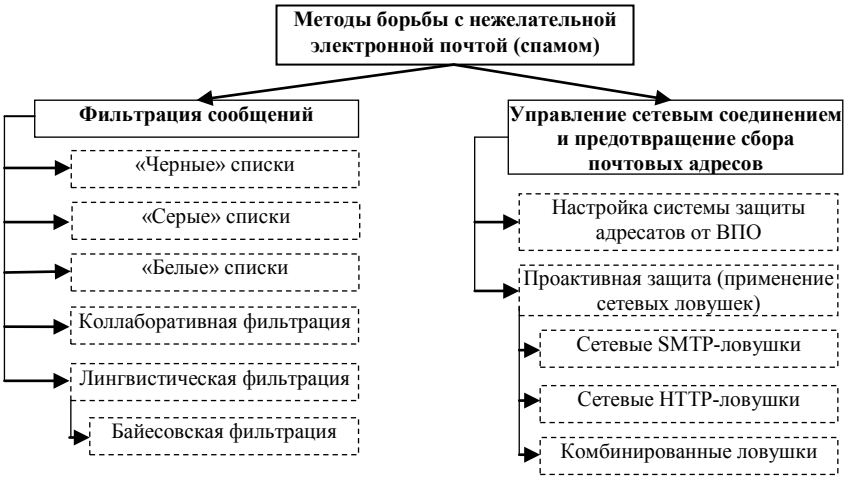


Рисунок. Классификация методов борьбы со спамом

«Черные списки» («Blacklists»), изобретенные еще в конце 1990-х получили большое распространение и основаны на блокировании IP-адресов и целых доменов, с которых осуществляется рассылка спама. Идентификация источников распространения спама осуществляется с помощью разных алгоритмов, таких как сбор поступающих жалоб, а также использование спам-ловушек, которые анализируют активность рассылок спама на неактивные сетевые адреса и парсинг (сбор) адресов электронной почты.

На ранних этапах использования черных списков отмечалась их высокая эффективность, благодаря, простоте их реализации. Однако, в настоящее время, данный метод борьбы со спамом имеет принципиальный недостаток: высокая вероятность ложноположительных срабатываний (блокирование крупных поставщиков электронной почты; массовое блокирование рядовых пользователей из-за обширного применения злоумышленниками зомби-ПК).

К распространенным черным спискам относятся: BRBL (Barracuda Reputation Block List), DNSBL (Domain Name System Blacklists), MultiRBL (DNS BlackList aka RBL), SCBL (The SpamCop Blocking List), Spamhaus и др.

Частичное решение проблемы ложноположительного срабатывания черных списков дает использование «Белых списков» («Whitelisting»), которые, как правило, используются совместно. Белые списки предотвращают случайное включение IP-адресов, доменных имен или адресов электронной почты идентифицированных отправителей в черные списки.

Принцип использования «серых списков» («Greylisting») основан на принуждении агента пересылки почты отправителя (Message Transfer Agent) к повторной отправке сообщения после кратковременной паузы. Это решение является достаточно эффективным, так как большая часть спама отправляется через зомби-ПК, а вредоносное программное обеспечение содержит свой собственный механизм SMTP, который обычно довольно прост и, как правило, не может справиться с условием временного отказа, и поэтому рассматривают его как фатальную ошибку, что приводит к остановке доставки сообщения. Кроме того, серые списки не практически не используют ресурсов сервера и требуют незначительных трудозатрат со стороны администратора сервера. Однако, серые списки имеют два основных недостатка: они замедляют почтовую связь и в будущем будут бесполезны, когда вредоносное программное обеспечение внедрит усовершенствованные SMTP движки, способные преодолеть условие временной недоступности.

Другим методом является лингвистическая фильтрация электронной почты, анализирующая содержимое заголовка и/или тела сообщения с использованием различных механизмов фильтрации.

Наиболее распространенным методом является «Байесовская» (скоринговая) фильтрация спама, работа которой основана на обучении фильтра с использованием ключевых слов «токенов» для вычисления вероятности идентификации сообщения как спама. Вычисление

вероятности того, что сообщение, содержащее ключевое слово, является спамом, осуществляется в соответствии с теоремой Байеса и формулой полной вероятности, и выражается как:

$$p(S \mid W) = \frac{p(W \mid S) \cdot p(S)}{p(W \mid S) \cdot p(S) + p(W \mid H) \cdot p(H)} \quad (1)$$

– $p(S \mid W)$ – условная вероятность того, что сообщение, содержащее ключевое слово - спам;

– $p(S)$ – полная вероятность того, что произвольное сообщение - спам;

– $p(W \mid S)$ – условная вероятность того, что ключевое слово, содержится в спаме;

– $p(H)$ – полная вероятность того, что произвольное сообщение не является спамом;

– $p(W \mid H)$ – условная вероятность того, что ключевое слово, содержится в сообщениях, которое не является спамом.

Вычисление вероятности спама в современных фильтрах в большинстве случаев осуществляется с учетом нескольких ключевых слов, с использованием, так называемого наивного байесовского классификатора, не учитывающего зависимость вероятности появления ключевых слов в сообщении друг от друга.

Эффективность обучения фильтра в основном зависит от объема выборки спама, что при значительных размерах выборки позволяет достичь значений на уровне 96-97%, а количество ложноположительных срабатываний составит 0,3-1% [7-8].

Несмотря на высокую эффективность, байесовская фильтрация имеет ряд недостатков: использование ресурсов сервера, значительный объем тонких настроек фильтра, необходимость обучения (накопления базы «спама»), модификация спам-сообщений злоумышленниками (использование редких слов или так называемой специальной технологии формирования спама, как «Байесовское отравление» («Bayesian poisoning»).

Байесовская фильтрация применяется в большинстве существующих фильтров спама: A Plan for Spam, DSPAM, SpamAssasin, SpamBayes, CRM114 и др.

Коллаборативная фильтрация - еще один перспективный подход к выявлению спама, основанный на объединении баз данных об «отпечатках» нежелательных сообщений (к примеру, использование контрольных сумм) пользователями и крупными почтовыми провайдерами. Фильтр блокирует поступившее сообщение в случае,

если его «отпечаток» содержится в чьей-либо базе данных. Вклад базы данных каждого пользователя взвешивается в соответствии с уровнем его репутации, во избежание ложноположительных срабатываний и намеренного изменения работы фильтра. Коллаборативный фильтр используется в Vipul's Razon, DCC (Distributed Checksum Clearinghouse), Cloudmark SafetyBar, SpamAssasin.

К основным недостаткам данного вида фильтрации относят: нарушение конфиденциальности – несмотря на то, что «отпечаток» электронной почты не должен раскрывать ничего о содержании электронной почты, он все равно может привести к утечке некоторой информации, которую пользователь не хочет предоставлять; значительное увеличение сетевого трафика, поскольку для каждого полученного сообщения необходимо вычислить «отпечаток» и отправить его в базу данных (централизованный коллаборативный фильтр) или совместно использовать между коллегами (P2P коллаборативный фильтр); для обеспечения надежности фильтров, системе необходимо иметь очень большое количество пользователей (как правило, тысячи), чтобы выразить свои предпочтения относительно большого числа вариантов (десятки); хранение сообщений и их сравнение требует огромных объемов дискового пространства и вычислительной мощности; вследствие того, что спамеры пытаются индивидуализировать каждое сообщение с некоторым дополнительным содержанием, алгоритмы контрольной суммы должны учитывать эту информацию, так как это увеличивает риск ложных срабатываний, т. е. блокирования сообщений, которые случайно имеют ту же контрольную сумму, что и спам-сообщение.

Принципиальный недостаток, присущий всем фильтрам, заключается в их тестировании злоумышленниками. Спамеры регистрируют почтовые учетные записи в онлайн-службах, известных как «Spamfiltering», сначала проверяют их спам против различных фильтров. Некоторые программы, используемые спамерами, уже включают стандартное ПО «SpamAssassin» для проверки спама перед его отправкой. Это приводит к ситуации отставания на один шаг, независимо от того, насколько продвинутой становится фильтрация контента.

Другим перспективным направлением снижения рассылки спама является динамическое управление сетевым соединением и предотвращение сбора злоумышленниками адресов электронной почты получателей спама. Для сбора адресов спамеры используют зомби-ПК пользователей, зараженные вредоносным программным обеспечением (трояны и черви). Вторым источником адресов является Интернет, в

первую очередь «www» и «Usenet». Там злоумышленники собирают адреса электронной почты, используя технологию «Spidering», применяемую в поисковых системах. Для этого используются специальные программы, так называемые «комбайны» («harvesters»).

Наиболее простым методом защиты является установка лицензионных и безопасных операционных систем, настройка брандмауэров и средств антивирусной защиты пользователей.

Анализ публикаций в данной предметной области показал, что наиболее эффективным и перспективным методом борьбы с массовой рассылкой спама является не обнаружение несанкционированных воздействий, а активное воздействие на сетевую инфраструктуру злоумышленника, с целью получения информации о злоумышленнике, выведении из строя средств рассылки спама, а также существенном замедлении процесса распространения спама [9-12]. Такой метод борьбы со спамом называют «проактивным». Основным средством проактивной борьбы со спамом является динамическое управление сетевым соединением со спамером с использованием «network tarpits» сетевых ловушек («honeypots»), а также запутывание адресов электронной почты, опубликованных в Интернете [13-16].

Сетевые ловушки пытаются удерживать входящие TCP-соединения (которые могут быть неправомерными) открытыми. После удерживания (или «приклеивания») ловушка активно предотвращает передачу данных по соединению и препятствует отключению удаленного хоста (противника). Предотвращая выполнение такими соединениями какой-либо полезной работы, ловушки замедляет сканирование и потребляет ресурсы сканера. Ограниченные неправомерные соединения, будь то от спамеров, червей или другие злонамеренные действия, не только делают цель атаки менее привлекательной, но и замедляют глобальную скорость сканирования и позволяют интроспективно оценивать поведение сканера.

Динамическое управление сетевым соединением применяется как на транспортном, так и на прикладном уровнях, вследствие чего сетевые ловушки условно разделяют на SMTP и HTTP-ловушки.

Принцип работы SMTP-ловушки заключается в замедлении сетевых подключений путем введения задержек на сетевом или на прикладном уровне. Замедление TCP соединения со стороны получателя может быть достигнуто различными способами, такими как отсрочка подтверждения или включение битов уведомлений о перегрузке для её имитации (использование нулевого скользящего окна). Чтобы увеличить затрачиваемый вычислительный и временной ресурс отправителя, получатель может заставить отправителя генерировать больше пакетов

(например, меньшего размера) для доставки одного и того же сообщения. Поскольку все электронные письма доставляются по протоколу TCP, выборочная задержка или увеличение вычислительных затрат для подозрительного отправителя TCP эффективно замедлит работу спамеров.

Этот эффект устойчивости к спаму достигается на основе предположения, что TCP соединения, несущие спам, с большей вероятностью будут идентифицированы как подозрительные соединения многими пользователями, в то время как TCP соединения для обычных электронных писем вряд ли будут неправильно классифицированы большим количеством пользователей одновременно. Эти методы выборочного замедления доставки электронной почты реализуются у получателя без каких-либо изменений на стороне отправителя или в базовом программном обеспечении системы. Поскольку эти механизмы сопротивления делают TCP-соединение менее эффективным, их целью является «демпфирование» TCP-соединений. Другие ловушки могут динамически изменять адреса в своей локальной подсети для введения в заблуждение потенциального противника. Таким образом, эти приложения не только замедляют подключение к активным компьютерам в сети, но и подделывают существование серверов и сервисов для каждого IP-адреса в сетевом префиксе [17-19].

Принцип работы сетевых HTTP-ловушек основан на создании случайных веб-страниц, содержащих ссылки на одни и те же ловушки. Это загрязняет список посещаемых веб-страниц комбайнов и заставляет их постоянно возвращаться и, в конце концов, оставаться в сетевой ловушке. Как только комбайн пойман, все его ресурсы задействуются в сетевой ловушке, тем самым препятствуя ему посещать любую другую веб-страницу и собирать там адреса электронной почты. Сетевая ловушка не только заставляет комбайн возвращаться к ней каждые несколько мгновений, но и замедляет соединение, тем самым снижая скорость загрузки и еще дольше привлекая комбайн к ловушке. Простым способом является замедление соединения на уровне приложения. Обычно реализация состоит в том, чтобы доставлять контент символ за символом или строка за строкой в течение нескольких секунд между каждой отправкой. Это производит впечатление очень медленного сервера и у злоумышленника не возникает намека на существование сетевой ловушки. Время имеет решающее значение для такого замедления: некоторые комбайны устанавливают очень короткие тайм-ауты по умолчанию, чтобы избежать попадания в подобную сетевую ловушку.

Сетевые ловушки, такие как в LaBrea и плагин Netfilter TARPIT, могут отвечать и удерживать соединения от имени нескольких IP-адресов в сети, включая неиспользуемые адреса. Основными преимуществами применения сетевых ловушек является возможность непосредственного воздействия на процесс распространения спама и сетевую инфраструктуру злоумышленника посредством замедления и удержания открытого TCP соединения, исчерпания вычислительных ресурсов злоумышленника, либо создания циклических ссылок на ловушки-мишени без задействования значительных ресурсов получателей.

Основными недостатками сетевых ловушек являются: проблема маскирования сетевой ловушки – отсутствие гибкости алгоритма работы, заключающаяся в использовании фиксированного или нулевого скользящего окна, сразу после установления сетевого соединения, приводящее к преждевременной идентификации ловушки; постоянная модификация средств идентификации сетевых ловушек злоумышленниками по демаскирующим признакам на основе анализа сетевого трафика (утилиты degreaser, nmap, ethereal, arping и др.).

Заключение

Проведенный анализ методов предотвращения распространения массовой рассылки спама указывает на существование двух основных направлений: первое – это обнаружение нежелательной электронной почты по факту ее получения с использованием механизмов фильтрации (черные, белые, серые списки, лингвистическая и коллаборативная фильтрация) и второе наиболее перспективное – предотвращение самого процесса распространения спама с использованием средств проактивной защиты (SMTP, HTTP-ловушки). Несмотря на обширные исследования в области проактивной защиты существует необходимость совершенствования методологии использования сетевых ловушек, в частности дополнительной проработки алгоритмов динамического управления сетевыми соединениями с учетом демаскирующих признаков существующих сетевых SMTP-ловушек.

Список литературы

1. Спам и фишинг в 2018 году: Информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://securelist.ru/spam-and-phishing-in-2018/93453/

2. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

3. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

4. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : сб. тр. участников конф. "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Москва, 6-7 декабря 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 88-92.

5. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

6. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.17 ; опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

7. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 97-102.

8. Соколовский, С. П. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

9. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2680038 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/00, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018101596 ; заявл. 16.01.18 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 22 с.

10. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2682432 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018110755 ; заявл. 26.03.18 ; опубл. 19.03.19, Бюл. № 8. – 33 с.

11. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2686023 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/55, H 04 L 29/06 / Соколовский

С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018120288 ; заявл. 31.05.18 ; опубл. 23.04.19, Бюл. № 12. – 26 с.

12. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2690749 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 12/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018118912 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 05.06.19, Бюл. № 16. – 25 с.

13. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20-21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 47-52.

14. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

15. Соколовский, С. П. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, А. В. Волков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 70-73.

16. Соколовский, С. П. Нейросетевая реализация модуля выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения / С. П. Соколовский, А. В. Душкин // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 123-126.

17. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 1 (29). – С. 10-17.

18. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / С. П. Соколовский [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

19. Sokolovsky, S. P. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XIX Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 639-643.

Алгоритм защиты информационных систем от массовой рассылки спама на основе управления сетевыми соединениями

А. А. Горбачев, email: druzhochek123@yandex.ru [1]
Д. В. Лавренов, email: lavr_9801@mail.ru [2]

[1] в/ч 42685
[2] Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *Одним из наиболее перспективных и эффективных направлений защиты информационных систем от массовой рассылки спама является «проактивная» защита с использованием сетевых ловушек «network tarpits», реализующих динамическое управление сетевыми соединениями между отправителем и получателем спама, способствующих увеличению затрат вычислительных и временных ресурсов злоумышленников. В статье приведен разработанный алгоритм защиты информационных систем от массовой рассылки спама на основе управления сетевыми соединениями с учетом демаскирующих признаков сетевых ловушек.*

Ключевые слова: *сетевая ловушка, спам, алгоритм, TCP.*

Введение

Одним из перспективных направлений борьбы со спамом является применение, так называемых, сетевых ловушек («network tarpits») [1-5], непосредственно воздействующих на средства и процесс распространения спама злоумышленника, то есть действующих «проактивно», в противовес «реактивным» методам фильтрации контента.

Сетевые ловушки (SMTP-ловушки) пытаются удерживать входящие TCP-соединения (которые могут быть неправомерными) открытыми. После удерживания (или «приклеивания») ловушка активно предотвращает передачу данных по соединению и препятствует отключению удаленного хоста (противника). Предотвращая выполнение такими соединениями какой-либо полезной работы, ловушки замедляет сканирование и потребляет ресурсы злоумышленника [6-9].

Основными недостатками сетевых ловушек являются:

– изолированное использование средств контроля сетевого соединения с характерным набором параметров работы

© Горбачев А. А., Лавренов Д. В., 2020

(фиксированным или нулевым значением скользящего окна, сразу после установления сетевого соединения, использование статических IP-адресов) [10-12];

– постоянная модификация средств идентификации сетевых ловушек злоумышленниками по демаскирующим признакам на основе анализа сетевого трафика (с использованием утилит degreaser, nmap, ethereal, arping и др.) [13-15];

Вследствие чего, существует необходимость совершенствования алгоритма работы сетевых ловушек с учетом демаскирующих признаков их функционирования.

Разработка алгоритма защиты информационных систем от массовой рассылки спама на основе управления сетевыми соединениями

Область применения. Алгоритм может быть использован в информационных системах типа «клиент-сервер», функционирующих на основе стека сетевых протоколов TCP/IP, с целью предотвращения (снижения) распространения массовой рассылки спама на адреса электронной почты.

Постановка задачи. Сетевые ловушки, рассматриваемые в данной статье, функционируют совместно с защищаемыми информационными системами (почтовыми серверами) и применяемыми средствами защиты [16-20], и не используются обособленно (для имитации агента пересылки почты). Процесс передачи спама осуществляется с использованием протокола управления передачей TCP («Transmission control protocol»). Принцип работы сетевой ловушки основан на удерживании открытого соединения посредством: имитации перегрузки или некачественного сетевого соединения, используя величину «скользящего» окна равной нулю, величину размера кадра. В соответствии со спецификацией работы протокола TCP установление сетевого соединения со злоумышленником происходит следующим образом (см. рис. 1). Отправитель (спамер) инициализирует сетевое соединение, передавая пакет (сегмент) с флагом SYN. В ответ получатель (почтовый сервер) направляет отправителю пакет (подтверждение) с флагом SYN, ACK и фиксированной величиной окна $W_н$, сигнализируя о готовности организации сетевого соединения. Используя механизм управления потоком данных («Flow Control»), после установления соединения, получатель направляет отправителю подтверждение ACK с окном равным нулю, что приводит к остановке передачи сегментов данных получателю. В результате отправитель ожидает истечение тайм-аута направляет в адрес сервера запрос «zero

window probe» для дальнейшего продолжения сеанса связи. В случае отсутствия подтверждения от сервера с соответствующим значением поля окна, отличного от нуля, злоумышленник пытается прервать соединение, направляя сегменты с флагами FIN, URG, которые сетевая ловушка игнорирует.

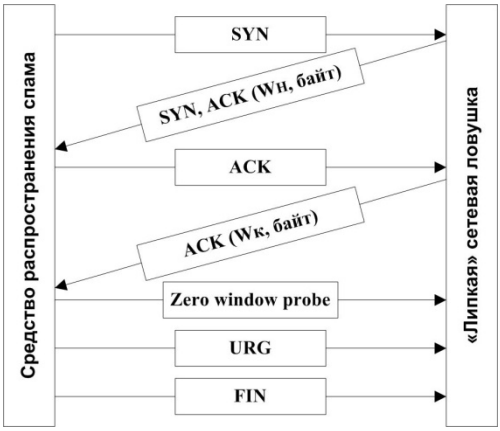


Рис. 1. Принцип работы «липкой» сетевой ловушки на транспортном уровне стека протоколов TCP/IP

Злоумышленники используют следующие механизмы избегания попадания в подобную «липкую» сетевую ловушку: первый (наиболее предпочтительный) - это преждевременная идентификация ловушки во время сканирования сети и анализа сетевого трафика (с последующим включением IP-адреса ловушки в «черный список»); второй – использование в алгоритмах средств распространения спама (вредоносного программного обеспечения, использующего зомби-компьютеры) кратковременных тайм-аутов, предотвращающих организацию длительного соединения с ловушкой, при использовании значения окна равным нулю.

Во избежание использования злоумышленниками кратковременных тайм-аутов при отправке получателю данных в сетевой ловушке применяются кратковременные паузы между отправкой данных (символов или строк), а также значение поля «размер окна» служебного заголовка $W_k > 0$, что имитирует крайне медленный сервер, однако, не позволяет разорвать сетевое соединение. Для идентификации спамеров и минимизации воздействия замедления на обычных пользователей используются средства лингвистической (байесовской) фильтрации

поступающей электронной корреспонденции. С целью снижения эффективности вышеописанных механизмов обхода «липких» сетевых ловушек автор предлагает учесть особенности настройки средств сбора адресов электронной почты и передачи спама в следующем алгоритме.

Описание структуры алгоритма. Предлагаемый алгоритм защиты информационных систем от массовой рассылки спама на основе управления сетевыми соединениями функционирует с использованием «липких» сетевых ловушек представлен на рис. 2.

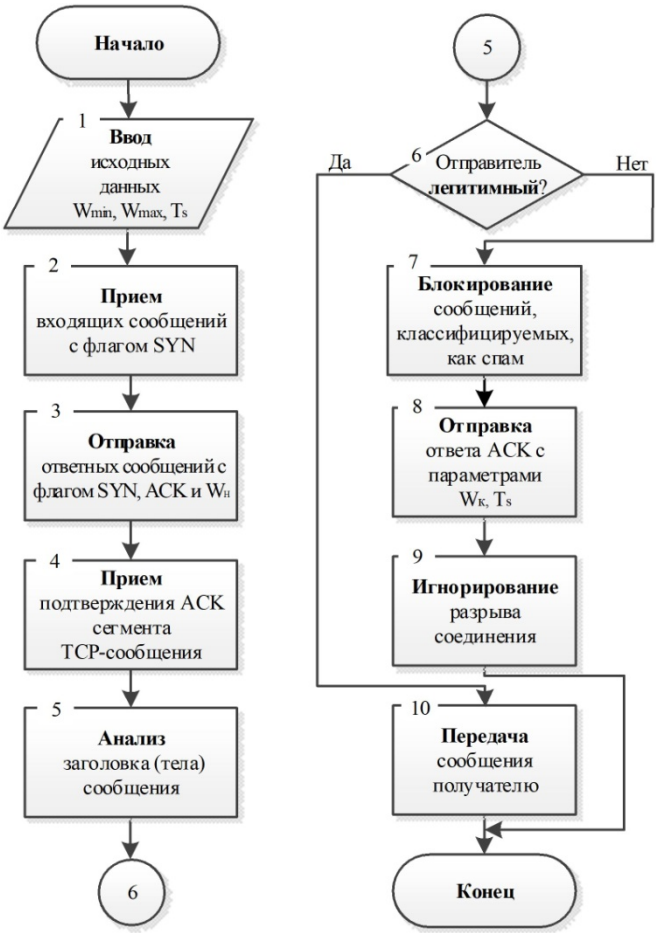


Рис. 2. Блок-схема разработанного алгоритма защиты информационных систем от массовой рассылки спама

На первоначальном этапе осуществляется ввод исходных данных (блок 1 на рис. 2), характеризующих параметры соединения: максимальный размер окна $W_{\max}$, минимальный размер окна $W_{\min}$, величина пауз между отправкой служебных данных отправителю T_s.

Далее осуществляется процесс инициализации логического соединения в соответствии с протоколом TCP (блоки 2-4 на рис. 2), где для обеспечения требуемой скорости передачи данных устанавливается размер окна равный $W_н$ бит. Для повышения скрытности работы почтового сервера данная величина устанавливается случайным образом в диапазоне $[0; W_{\max}]$.

После получения нескольких сегментов сообщения, осуществляется анализ содержания заголовка и тела сообщения. Анализ осуществляется на основе программных средств (к примеру, SpamAssasin, SpamBayes), реализующих байесовский классификатор, которые оценивают вероятность того, что сообщение является спамом (блок 5 рис. 2).

В случае, если сообщение классифицируется, как легитимное, то с отправителем устанавливается сетевое соединение с начальными параметрами (блок 6, рис. 2) и сообщение передается получателю (блок 10, рис. 2).

После получения соответствующих оценок (в большинстве случаев достоверным значением вероятности того, что сообщение относится к спаму, является 90 %), сообщения классифицируемые, как спам, блокируются, а с их отправителями изменяются параметры TCP-соединения (блок 6, рис. 2).

С целью воздействия на средства распространения спама посредством имитации недостаточной пропускной способности сети, а также низкой производительности почтового сервера, на транспортном уровне устанавливается размер окна равный W_k, величина которого устанавливается случайным образом в диапазоне $[0; W_{\min}]$, а также величина пауз между отправкой служебных сообщений T_s, что препятствует преждевременному разрыву логического соединения по инициативе отправителя за счет применения кратковременных тайм-аутов (блок 8, рис. 2).

В случае компрометации работы сетевой ловушки или попыток отправителя прервать сетевое соединение, направляя сегменты с флагами FIN, URG, сетевая ловушка их игнорирует, препятствуя дальнейшей работе средств распространения спама (блок 9, рис. 2).

Рассмотренный алгоритм работы средств предотвращения распространения спама учитывает использование большинством злоумышленников кратковременных тайм-аутов при организации сетевого соединения.

Дальнейшие исследования в данном направлении авторы предполагают сосредоточить на поиске и разработке способов защиты клиент-серверных информационных систем от распространения спама с учетом других демаскирующих признаков сетевых ловушек.

Заключение

Таким образом, разработанный алгоритм работы позволяет повысить скрытность и эффективность работы сетевой ловушки посредством совместного применения средств лингвистической фильтрации и изменения параметров логического соединения на транспортном уровне, используя случайный размер окна подтверждения TCP-сообщений.

Список литературы

1. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

2. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20-21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 47-52.

3. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.17 ; опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

4. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

5. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : сб. тр. участников конф. "Secure

information technologies 2017 (BIT 2017)" (Москва, 6-7 декабря 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 88-92.

6. Разработка программного обеспечения для оценки бескомпроматности средств сетевой защиты / С. П. Соколовский [и др.] // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XVIII Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 91-96.

7. Соколовский, С. П. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

8. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / С. П. Соколовский [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

9. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : сб. тр. участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447-448.

10. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2682432 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018110755 ; заявл. 26.03.18 ; опубл. 19.03.19, Бюл. № 8. – 33 с.

11. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2686023 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/55, H 04 L 29/06 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018120288 ; заявл. 31.05.18 ; опубл. 23.04.19, Бюл. № 12. – 26 с.

12. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2690749 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 12/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018118912 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 05.06.19, Бюл. № 16. – 25 с.

13. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / С. П. Соколовский [и др.] // Технические и технологические системы : сб. тр. участников IX Междунар. научной

конф. "Технические и технологические системы" (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117-121.

14. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 1 (29). – С. 10-17.

15. Sokolovsky, S. P. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XIX Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 639-643.

16. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

17. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 97-102.

18. Соколовский, С. П. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, А. В. Волков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 70-73.

19. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

20. Соколовский, С. П. Нейросетевая реализация модуля выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения / С. П. Соколовский, А. В. Душкин // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 123-126.

Реализация и применение простых средств защиты электронных ресурсов

А. Н. Горин, email: algorin.algoral@mail.ru
Л. Б. Афанасьевский, email: afleonid@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *Рассматривается задача создания и применения простых средств защиты электронных ресурсов от использования неавторизованными пользователями. Для решения задачи применяются низкоресурсная реализация шифра Виженера, обеспечиваемая программным формированием набора алфавитов на основе кодовой таблицы компьютера, защита учетных записей пользователей с использованием комбинации методов хеширования и шифрования с помощью решетки Кардано с сохранением структуры хеш-кода после шифрования. Результатом работы являются компактные подпрограммы шифрования-дешифрования, легко используемые при разработке программных систем и при защите программ от несанкционированного запуска. Практическая значимость результатов заключается в возможности использования разработанных средств пользователями, не являющихся специалистами в области информационной безопасности.*

Ключевые слова: *шифр Виженера, решетка Кардано, хеширование, защита от несанкционированного доступа.*

Введение

В настоящее время защита информационных ресурсов может быть обеспечена как с помощью многофункциональных систем защиты, например Панцирь [1], SecretNet [2], так и средств, реализующих отдельные функции, например шифрование с помощью алгоритмов DES, ГОСТ 28147-89 [3, 4].

В большинстве случаев широкое применение таких средств ограничивается их высокой стоимостью, сложностью настройки пользователями, не являющихся специалистами в области информационной безопасности, функциональной избыточностью.

Для массового применения разработаны и продолжают активно разрабатываться низкоресурсные средства, реализующие в основном криптографическую защиту информационных ресурсов [5, 6].

© Горин А.Н., Афанасьевский Л.Б., 2020

Защищаемыми ресурсами могут быть:

– файлы разных форматов (TXT, XMCD, DOC, XLSX, JPG, HTML, XML и др.);
– программы.

Несанкционированный доступ к таким ресурсам в рамках локальных вычислительных сетей может быть предотвращен путем широкого использования достаточно простых, не требующих настройки, но эффективных программных средств.

В статье рассматриваются реализованные в Delphi низкоресурсные средства, ориентированные на применение в Windows.

Требования к разрабатываемым средствам защиты

Средства защиты должны быть низкоресурсными и ориентированы на индивидуальных пользователей локальных сетей:

– иметь компактный программный код;
– использовать при работе небольшой объем памяти;
– выполняться за небольшое время;
– обладать практической стойкостью к взлому.

Кроме того, средства защиты должны быть дешевыми, безотказными и простыми в использовании.

Защита файлов произвольных форматов

Для защиты от несанкционированного использования файлов любых форматов, представляющих собой информационные ресурсы, можно применять их шифрование простым, но достаточно надежным методом.

Требование возможности шифрования данных любых форматов можно обеспечить только в том случае, если вообще абстрагироваться от содержимого хранимых данных и рассматривать файлы как наборы байтов, которые следует подвергать некоторым обратимым преобразованиям.

Этому требованию удовлетворяет шифр Виженера [7], который относится к классу подстановочных шифров. В шифре Виженера для затруднения дешифрования каждый символ исходного сообщения может быть заменен символом из *набора* алфавитов, которые связаны с самим символом и символом ключа.

Шифрование по системе Виженера осуществляется с использованием таблицы, представляющей собой квадратную матрицу с размерами $n \times n$, где n – число символов используемого алфавита. В этой матрице каждая строка представляет собой новый алфавит, полученный тем или иным способом из исходного алфавита, например, с помощью

циклического сдвига влево. Первая строка в таблице Виженера служит алфавитом открытого текста, а первый столбец – алфавитом ключа.

В файлах, в принципе, может содержаться любой набор символов, поэтому в качестве алфавита в шифре Виженера целесообразно использовать всю кодовую таблицу компьютера. В этом случае таблица Виженера будет иметь размер 256×256, что позволит один и тот же символ в файле заменять любым из 256 символов.

Формирование набора алфавитов на основе кодовой таблицы компьютера исключает необходимость хранения таблицы Виженера в памяти и, кроме того, позволяет достаточно просто организовать работу схемы шифрования. Положительным результатом такого подхода является компактный код шифрования-дешифрования.

Процедура `cryptVF` (листинг 1) выполняет шифрование по схеме Виженера всего файла и дополнительное преобразование результата работы этой схемы с помощью операции *Исключающее ИЛИ*.

Листинг 1

Шифрование по схеме Виженера всего файла

```
procedure cryptVF(pathF,key:string);
type masb=array of byte;
var bff,bkey,symb:byte; buf:masb;
SizeF:int64; i,k,m,jkey,SizeKey:word; ff:file of byte;
begin
m:=0; //Инициализация счетчика
AssignFile(ff,pathF); Reset(ff);SizeF:=FileSize(ff);
SetLength(buf,SizeF);SizeKey:=Length(key);
for i:=0 to SizeF-1 do read(ff,buf[i]);
jkey:=0; //Счетчик символов в ключе
for i:=0 to SizeF-1 do
begin
bff:=buf[i];jkey:=jkey+1;
if jkey>SizeKey then jkey:=1; bkey:=ord(key[jkey]);
k:=bff+bkey; if k>255 then k:=k-256;
//Защита от "пустот" в файле
m:=m+1;symb:=33+m; if m=255 then m:=0;
k:=k XOr symb;
buf[i]:=k;
end;
seek(ff,0);
for i:=0 to SizeF-1 do write(ff,buf[i]);
CloseFile(ff);
end;
```

В процедуре файлы представляются как наборы байтов, что позволяет выполнить шифрование любых типов файлов, включая файлы баз данных различных форматов, файлы текстовых форматов, например коды программ на языках высокого уровня, исполняемые файлы. В

качестве буфера для считанных из файла байтов используется динамический массив. Зашифрованные данные записываются в тот же файл на место исходных данных.

Переменные `pathC` и `key` задают полное имя шифруемого файла и ключ шифрования.

Процедура дешифрования имеет такой же объем и выполняет все действия в обратной последовательности.

Рассмотренная процедура выполняет полное криптографическое закрытие файлов. Такой вариант шифрования целесообразно применять для файлов текстового формата.

Для большинства форматов файлов этот вариант шифрования является избыточным. Кроме того, время шифрования может оказаться достаточно большим при больших размерах шифруемых файлов, например файлов баз данных.

Чтобы обеспечить защиту таких файлов от несанкционированного использования, достаточно шифровать их заголовочную часть. В этом случае при попытке открытия файлов с помощью тех программ, в которых они созданы, будут выданы сообщения типа *Файл недоступен* или *Нераспознаваемый формат данных*, что в большинстве случаев остановит злоумышленника от дальнейших действий.

Процедура `cryptVL` (листинг 2) обеспечивает шифрование только начальной части для файлов с размерами больше одного килобайта. Такой вариант шифрования обеспечивает криптографическую защиту большого количества файлов в течение короткого времени.

Листинг 2

Шифрование по схеме Виженера начальной части файла

```
procedure cryptVL(pathF,key:string);
type masb=array[1..1024] of byte;
var bff,bkey,symb:byte; buf:masb;
SizeF:int64; i,k,m,jkey,SizeBuf,SizeKey:word;
begin
m:=0; //Инициализация счетчика
AssignFile(ff,pathF); Reset(ff); SizeF:=FileSize(ff);
SizeKey:=Length(key);
if SizeF<1024 then SizeBuf:=SizeF else SizeBuf:=1024;
for i:=1 to SizeBuf do read(ff,buf[i]);
jkey:=0; //Счетчик символов в ключе
for i:=1 to SizeBuf do
begin
bff:=buf[i]; jkey:=jkey+1;
if jkey>SizeKey then jkey:=1;bkey:=ord(key[jkey]);
k:=bff+bkey; if k>255 then k:=k-256;
//Защита от "пустот" в файле
m:=m+1;symb:=33+m; if m=255 then m:=0;
```

```
k:=k XOr symb;buf[i]:=k;
end; seek(ff,0);
for i:=1 to SizeBuf do write(ff,buf[i]); CloseFile(ff);
end;
```

При использовании процедур cryptVF и cryptVL длина ключа не ограничивается. Очевидным ограничением здесь является сложность запоминания и ввода длинных ключей. Поэтому на практике применяются различные методы генерации ключей, обеспечивающие устойчивость к взлому [8].

Тем не менее, вскрытию может подвергнуться не сам шифр, а алгоритм генерации ключей. Для повышения практической криптостойкости предлагаемых процедур шифрования-дешифрования возможно их многократное повторение.

Процедуры `cryptVF` и `decryptVL` могут эффективно применяться в приложениях для работы с базами данных. Схема их использования может быть следующей:

- база данных перед началом работы приложения шифруется отдельной программой и записывается на диск;
- при запуске приложения база данных дешифруется автоматически;
- при закрытии приложения база данных шифруется.

Хранение базы данных на диске в зашифрованном виде повышает уровень защиты ее от несанкционированного использования при хищениях.

Защита программ с доступным исходным кодом

Использование программы определенным кругом лиц может быть обеспечено применением системы авторизации пользователей, при этом сама система авторизации должна быть достаточно надежной.

Такая система авторизации может быть построена по следующей схеме:

- учетные записи пользователей (имена и пароли) записываются с помощью отдельной программы в таблицу базы данных, при этом пароли предварительно преобразуются с помощью хеш-функции MD5 [3];
- при запуске программы пользователю предлагается ввести свои имя и пароль, которые преобразуются и сравниваются с учетными записями, хранящимися в базе данных. При неправильных учетных данных программа закрывается без каких-либо комментариев.

В настоящее время хеш-функция *MD*5, осуществляющая многоэтапное преобразование исходных данных по специальному алгоритму, считается наиболее устойчивой к «взлому» [3].

Реализация хеширования оформлена в виде отдельного пользовательского модуля `heshMD5`. Для получения преобразованного значения строковых данных `S` необходимо обратиться к функции этого модуля, имеющей достаточно простой интерфейс

```
function MD5 (S: AnsiString): AnsiString.
```

Результатом преобразования является тридцатидвухразрядная строка 16-ричных символов вне зависимости от длины преобразуемых данных, например 9CA8F8BD1E6AFED3579037B8B71AB60B.

Идентификация пароля по его хеш-коду, полученному с помощью функции `MD5`, практически невозможна. В этом случае для вскрытия пароля злоумышленники реализуют стандартную процедуру генерирования паролей и формирования для них хеш-кодов с помощью функции `MD5`. Результаты сохраняются в базе данных. При наличии такой базы данных идентификация пароля сводится к поиску в базе данных заданного хеш-кода.

Чтобы исключить для злоумышленника эту возможность, следует направить его по ложному пути. Для этого можно преобразовать хеш-код каким-либо способом, оставив неизменной его структуру, т. е. представление его в виде тридцатидвухразрядной строки символов, применяемых в 16-ричной системе счисления.

Операция такого преобразования может быть выполнена, например, методом *решетки* Кардано.

Суть шифрования методом *решетки* рассмотрим для частного случая, наиболее широко использовавшегося на практике.

Решетка, т. е. квадрат из клетчатой бумаги 10×10 клеток, некоторые клетки в котором вырезаны, совмещается с целым квадратом 10×10 клеток, и через прорези на бумагу наносятся первые символы текста. Позиции этих букв в зашифрованном тексте будут соответствовать позициям прорезей в *решетке*. Затем *решетка* поворачивается на 90° и через прорези записываются следующие символы. Эта операция повторяется еще два раза. Таким образом, на бумагу наносится 100 символов текста.

Далее операции повторяются для очередной порции из 100 символов.

Прорези на *решетке* должны быть выполнены так, чтобы при ее поворотах не было наложения текущих символов на уже записанные.

При программной реализации этого метода *решетку* можно имитировать квадратной матрицей A размером 10×10, состоящей из нулей и единиц (нуль соответствует прорези). В матрице

$$A = [A_{ij}], i = 1,\ldots,10, j = 1\ldots10,$$

представляющей собой ключ для шифрования, только один из элементов

$$A_{ij}, A_{10-j+1,i}, A_{j,10-i+1}, A_{10-i+1,10-j+1}$$

должен быть равен нулю (имитировать прорезь).

Алгоритм шифрования методом *решетки* текстовых файлов произвольных размеров может быть представлен следующим образом.

1. Формируется матрица-ключ для шифрования, в которой нули соответствуют прорезям ячеек.
2. Формируются еще три матрицы, имитирующие положения решетки после поворотов.
3. Читаются данные из шифруемого файла в переменную строкового типа.
4. Определяется количество символов в строковой переменной и, при необходимости, в строковую переменную добавляются символы из части кодовой таблицы компьютера, соответствующие кириллице, чтобы общее количество символов было кратно 100 (при дешифровании эти символы отбрасываются).
5. Осуществляется шифрование данных порциями по 100 символов и запись их в другую строковую переменную.
6. Сформированная строковая переменная записывается в файл на место шифруемого текста.

Дешифрование текста осуществляется с помощью операций, аналогичных описанным в пп. 3-6, но учитывающих их специфику при дешифровании.

Для преобразования тридцатидвухразрядного хеш-кода методом *решетки* при размерах решетки 10×10 дополнение до 100 символов осуществляется в виде неупорядоченной последовательности из множества символов 0, 1, ..., 9, *A, B, ..., F*.

Реализация преобразования хеш-кода `S` методом *решетки* оформлена в виде отдельного модуля `MDPreob`. Для получения преобразованного значения кода *S* необходимо обратиться к функции этого модуля, имеющей достаточно простой интерфейс

```
function MDCod (S: AnsiString): AnsiString.
```

В защищаемом приложении для реализации процедуры аутентификации используется специальная форма, создаваемая при

запуске приложения в обработчике события *OnShow* главной формы и открываемая в модальном режиме (листинг 3).

Листинг 3

Создание окна аутентификации

```
procedure TForm1.FormShow(Sender: TObject);
begin
{Если свойство Tag установлено в 0,
то это значит, что приложение только что  запущено и
нужно отобразить окно аутентификации}
if Form1.Tag=0 then
begin
{Создаем и отображаем окно аутентификации}
Form2:=TForm2.Create(Self);  Form2.ShowModal;
end;
end;
```

Модальный режим открытия формы блокирует все операции с другими элементами данного приложения, пока не будет закрыто модальное окно. В данном случае работа с приложением будет возможна только при удовлетворительных результатах процедуры аутентификации, в результате которой свойство `Tag` получит значение, отличное от нуля.

Нулевое значение свойства `Tag` для формы `Form1` устанавливается при проектировании приложения в инспекторе объектов.

Собственно процедура аутентификации выполняется с помощью компонента `ADOQuery1`, выполняющего запрос *SQL* (листинг 4) по поиску в таблице базы данных учетной записи пользователя, соответствующей данным, введенным им в компоненты `Edit1` (имя пользователя) и `Edit2` (пароль), причем содержимое последнего компонента преобразуется хеш-функцией `MD5`.

Листинг 4

Формирование запроса на поиск учетной записи пользователя

```
procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);
var s:string;
begin
//Запрос на отбор записи для заданных имени и пароля
//пользователя
s:='Select * From NameAndPword';
s:=s+' Where NameOfUser='''+Edit1.Text+'''and
PwordOfUser='''+MDCod(MD5(Edit2.Text))+'''';
with ADOQuery1 do
begin
SQL.Clear; SQL.Add(s);
Active:=true; ExecSQL;
if FieldByName('NameOfUser').AsString=''
```

```
then ShowMessage('В доступе отказано')
else begin Form1.Tag:=1;ADOQuery1.Close; end;
end;
Form2.Close; //Закрываем окно аутентификации
end;
```

Выходными данными системы аутентификации является значение флага (свойства *Tag* главной формы приложения). Разрешение на работу с приложением будет получено только в случае, если пользователь успешно прошел аутентификацию и свойство *Tag* получило значение, отличное от нуля.

Описанный подход может быть использован для защиты вновь разрабатываемый приложений с помощью любой среды программирования.

Защита программ с недоступным исходным кодом

Защита таких программ от несанкционированного запуска может быть выполнена с помощью специального приложения, использующего шифрование-дешифрование начальных фрагментов исполняемого кода защищаемых программ и построенного по следующей схеме:

- в приложение включается парольная защита, аналогичная описанной выше, для обеспечения возможности работы с приложением только легальным пользователям;
- для хранения перечня программ, требующих защиты, используется таблица базы данных с двумя полями, в одном из которых хранятся полные имена защищаемых программ, во втором (*flag*) – значения булевского типа, указывающие на необходимость шифрования исполняемого кода либо отказа от шифрования, если код уже зашифрован.

Приложение должно обеспечивать выполнение следующих основных функций:

- формирование в таблице базы данных списка защищаемых программ и признаков (`flag = false`), указывающих, что программы не защищены от запуска;
- запрет запуска программ (шифрование начальной части исполняемого кода и задание значения признака `flag = true`);
- разрешение на запуск выбранной программы (дешифрование исполняемого кода программы и задание значения признака `flag = false`). После завершения работы с программой ее исполняемый код снова должен быть зашифрован;
- исключение программы из списка защищаемых программ;
- отображение списка защищаемых программ в окне приложения.

Защищенность информационных ресурсов может быть повышена, если функции администрирования сети и защиты данных и программ будут выполняться разными людьми.

Заключение

Таким образом, описанные функции разработанного комплекса программ позволяют решить практически все задачи индивидуальной защиты информационных ресурсов. Достоинством разработанных программ является простота их использования, что обусловлено не только компактным кодом, но и в значительной степени наличием простого и интуитивно понятного интерфейса.

Список литературы

1. Щеглов, А. Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа / А. Ю. Щеглов. – СПб. : Наука и техника, 2004. – 384 с.

2. Защита информации ограниченного доступа : учебное пособие / Игнатов Д. В. [и др.]. – Воронеж : Издательство РИТМ, 2018. – 420 с.

3. Лапонина, О. Р. Основы сетевой безопасности: криптографические алгоритмы и протоколы взаимодействия / О. Р. Лапонина. – М. : Интернет-университет информационных технологий, 2005. – 605 с.

4. Панасенко, С. Г. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник / С. Г. Панасенко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 576 с.

5. Жуков, А. Е. Низкоресурсная криптография: актуальность, востребованность, основные требования и подходы / А. Е. Жуков // Защита информации. Inside. – 2015. – № 4. – С. 20-29.

6. Поляков, А. С. Метод синтеза «легких» алгоритмов шифрования / А. С. Поляков // Защита информации. Inside. – 2018. – № 4. – С. 15-17.

7. Ященко, В. В. Введение в криптографию. / В. В. Ященко – М. : МЦНМО, 2012. – 352 с.

8. Соколов, А. В. Защита от компьютерного терроризма: справочное пособие / А. В Соколов, О. М. Степанюк. – СПб. : БХВ-Петербург, Арлит, 2002. – 496 с.

Разработка алгоритма маскирования структуры сети на основе динамического управления адресным пространством

А. Д. Гритчин, email: 92lexx92@mail.ru [1]
К. А. Каравайцев, email: karawayz@mail.ru [2]

[1] в/ч 79222
[2] Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье представлен разработанный алгоритм маскирования структуры сети за счет изменения исходящего сетевого трафика от сетевых устройств. Маскирование сети осуществляется путем манипулирования сетевым трафиком с одной или нескольких сетевых устройств, с целью изменить сетевую характеристику сетевого трафика.*

Ключевые слова: *сетевая безопасность, компьютерная разведка, технология движущейся цели, компьютерная атака.*

Введение

С быстрым развитием передовых постоянных угроз, традиционный механизм защиты информационных систем становится все более некомпетентным для новых угроз. Чтобы обеспечить продвижение процесса защиты, алгоритм сетевой защиты трансформируется из «*активной защиты*» в «*динамическую защиту*» [1-4]. Таким образом, возникает алгоритм, реализующий технологию движущейся цели (*Moving Target Defense*). Алгоритм непрерывно и динамически меняет компоненты системы защиты на разных уровнях, так что основная цель атаки злоумышленника обладает характеристиками неоднородности, случайности и непредсказуемости, следовательно, улучшая свою защиту за счет увеличения неопределенности и сложности для злоумышленника [5,6].

Реализовать настоящий алгоритм маскирования структуры сети предоставляется возможным за счет сетевого узла или адаптера, выполняющего функцию динамического управления адресным пространством сети, который поддерживает переключение сетевого адреса. Сетевой адаптер может быть реализован как внутри уже существующих сетевых компонентов или как отдельное сетевое устройство. Адаптер позволяет операционной системе и приложениям компьютера оставаться неизменными и не знать, что они участвуют в

© Гритчин А. Д., Каравайцев К. А., 2020

процессе динамического управления адресным пространством защищаемой сети. В одном варианте реализации алгоритма маскирования структуры сети адаптер динамического управления адресным пространством сети может быть реализован как единичный экземпляр, поддерживающий группу сетевых узлов (одну подсеть), реализующий в себе один или несколько физических сетевых интерфейсов, включая среду виртуального *DHCP*-сервера [7-8]. В другом варианте - адаптер динамического управления адресным пространством сети может поддерживать несколько сетевых интерфейсов, - может быть установлен на каждом сетевом узле вычислительной сети, связывая каждый сетевой интерфейс с работающим адаптером, который получая защищенные входящие данные разблокирует их для конечного абонента, а так же получает незащищенные исходящие данные от абонента, изменяет характеристики сетевого трафика и далее передает его на маршрутизатор или аналогично настроенный сетевой узел [9, 11-14].

Сущность разработанного алгоритма

На рисунке представлена блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный алгоритм маскирования структуры сети. Предлагается реализовать данный алгоритм в программном виде на сетевом интерфейсе сетевого узла, данный способ включает в себя установку адаптера, выполняющего функцию динамического управления адресным пространством сети, причем адаптер сконфигурирован для динамического манипулирования сетевым трафиком, чтобы изменять, по меньшей мере, одну сетевую характеристику сетевого трафика и осуществлять конфигурирование, по меньшей мере, одного сетевого интерфейса машины, выбранной из множества машин, для отправки и приема сетевого трафика. Когда адаптер, выполняющий функцию динамического управления адресным пространством сети, принимает сетевой трафик от выбранной машины, алгоритм включает в себя активацию адаптера на принятом сетевом трафике, при этом адаптер вызывает изменение по меньшей мере одной сетевой характеристики принятого сетевого трафика, и отправку принятого сетевого трафика источнику сообщения от сетевого адаптера в виде сетевого трафика на основе изменения по меньшей мере одной сетевой характеристики [10, 15, 16]. Когда сетевое устройство принимает сетевой трафик, предназначенный для выбранной машины, алгоритм включает в себя вызов сетевого адаптера на сетевой трафик, предназначенный для выбранной машины, при этом сетевой адаптер отменяет изменение по меньшей мере одной сетевой характеристики

принятого сетевого трафика для создания сетевого трафика без подключения и отправки к выбранной машине [17-20].

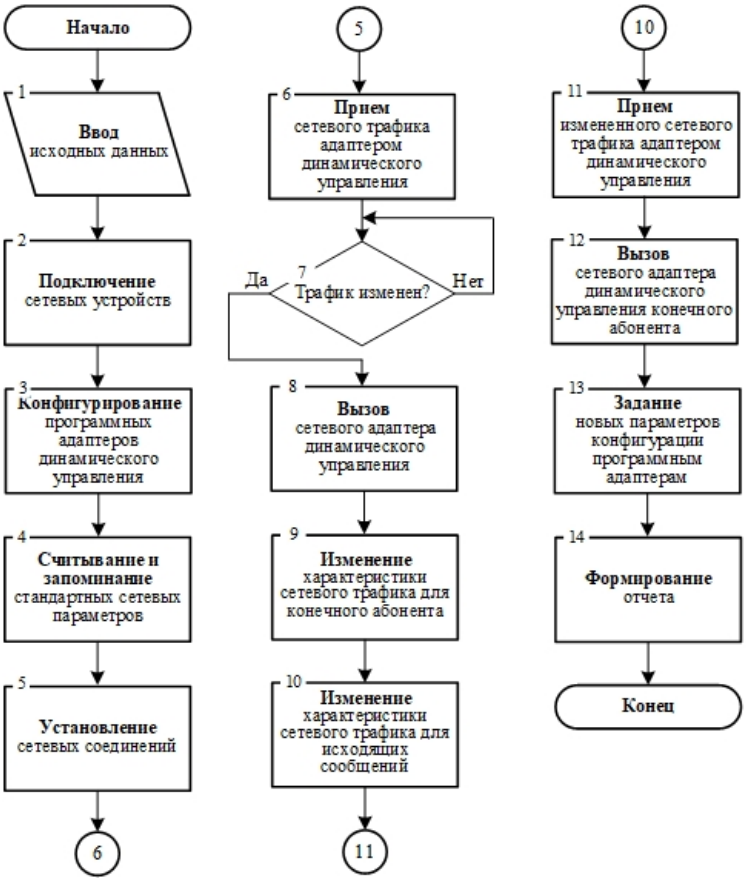


Рисунок. Блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный алгоритм маскирования структуры сети

В качестве динамически изменяемой сетевой характеристикой сетевого трафика в данном случае выступает IP-адрес. Однако особенностью разработанного алгоритма является то, что по меньшей мере, возможно и изменение других характеристики сети, включающих в себя, например, значения, как и IP-адресов, так и MAC-адресов,

номеров портов или алгоритмом шифрования IP-адресов узлов сети, в том числе динамическое изменение может быть основано на времени.

Заключение

Способы или варианты осуществления алгоритма маскирования структуры сети на основе динамического управления адресным пространством, раскрытые в данной статье, могут быть реализованы как в виде компьютерной программы, имеющей один или несколько программных модулей, так и в виде программно-аппаратного модуля, представляющего собой материальный блок, который может быть размещен в виде отдельного сетевого устройства (сервера), способного выполнять определенные операции.

Таким образом, в разработанном алгоритме внедрение изменений в структуру работы сети позволит обеспечить формирование ложных стереотипов злоумышленника относительно состава элементов и функционально-логической структуры.

Список литературы

1. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Voprosy kiberbezopasnosty. – 2019. – № 1 (29). – P. 10-17.
2. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175.
3. Ворончихин, И. С. Динамическое изменение структурно-функциональных характеристик информационной системы в целях снижения эффективности сетевой разведки / И. С. Ворончихин // Безопасные информационные технологии: сб. тр. конференции Десятая Междунар. науч.-технич. конф. "Безопасные информационные технологии" (Москва, 3-4 декабря 2019 г.). – Москва, 2019. – С. 81-86.
4. Voronchikhin, I. S. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Information Systems and Computer Modeling : selected papers of the XIX International scientific and methodological conference "Information Systems and Computer Modeling" (Voronezh, 14-15 February 2019). – Voronezh, 2019. – P. 639-643.
5. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И. С. Ворончихин [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

6. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 88-92.

7. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

8. Maximov, R. V. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information Technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 59-65.

9. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире : сб. тр. участников I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.

10. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : сб. тр. участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447-448.

11. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Ворончихин И.С. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

12. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2690749 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 12/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018118912 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 05.06.19, Бюл. № 16. – 25 с.

13. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov //

CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 88-92.

14. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Максимов Р. В., Соколовский С. П., Орехов Д. Н. // Радиолокация, навигация и связь. – 2018. – С. 169-179.

15. Максимов, Р. В. Маскирование структуры и алгоритмов функционирования интегрированных инфокоммуникационных систем / Н. Ю. Лыков, Р. В. Максимов, С. Р. Шарифуллин // Технические и технологические системы : сб. тр. участников VIII междунар. научн. конференции "Технические и технологические системы "ТТС-16". (Краснодар, 24-26 ноября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 203-206.

16. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3 (233). – С. 28-35.

17. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information Technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 83-87.

18. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 december 2017). – Moscow, 2017. – P. 88-92.

19. Максимов, Р. В. Технические средства и методы защиты информации от утечки по техническим каналам на объектах информатизации / Р. В. Максимов, А. Е. Давыдов, О. К. Савицкий. – Санкт-Петербург: НИИ "Масштаб", 2012. – 192 с.

20. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

Способ защиты информационных систем на основе динамического изменения их структурных параметров

А. Д. Гритчин, email: 92lexx92@mail.ru [1]
В. С. Масловский, email: maslovsky_98@mail.ru [2]
К. А. Каравайцев, email: karawayz@mail.ru [2]

[1] в/ч 79222
[2] Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье рассматривается способ обеспечения сетевой защиты информационных систем от сетевой разведки. Способ основан на динамическом изменении доменных имен и сетевых адресов взаимодействующих абонентов информационных систем и позволяет снизить результативность ведения сетевой разведки за счет сокращения времени достоверности полученных сведений.*

Ключевые слова: *доменное имя, сетевой адрес, информационная система, структурная скрытность, абонент, сетевая разведка.*

Введение

Одним из основных этапов проведения компьютерной атаки является этап сетевой разведки, когда злоумышленник пытается собрать информацию о структуре информационной системы (ИС), осуществляющей передачу данных с использованием IP-протокола, по ее физическим и логическим адресам, информационным направлениям передачи сетевого трафика и его интенсивности и др. В общем случае злоумышленники могут тратить в среднем около 45% своего времени на сетевую разведку, поэтому противодействие им на этапе сетевой разведки является достаточно эффективной стратегией сетевой защиты [1-5].

В современных IP-сетях ИС сетевые адреса и задействованные номера сетевых портов взаимодействия абонентов остаются неизменными на протяжении всего срока эксплуатации, и это статическое поведение системы дает злоумышленникам достаточно времени и способов для ведения сетевой разведки, а также получения подробной информации для проведения последующих компьютерных атак [6-8]. Традиционные системы безопасности, использующие такие средства сетевой защиты как межсетевые экраны, системы обнаружения вторжений и антивирусы являются пассивными и по своей природе

© Гритчин А. Д., Масловский В. С., Каравайцев К. А., 2020

могут обнаруживать только известные атаки [9-11]. Применение виртуальных частных сетей для передачи конфиденциальной информации также не позволяет должным образом скрыть информацию о структуре ИС, так как требует наличия адресной составляющей в передаваемых по сети пакетах [12-14].

Все это обуславливает появление новых технологий сетевой защиты, например, технологии защиты сети с использованием движущихся целей (Moving-Target Defense, MTD). Сущностью технологии MTD является динамическое изменение структуры защищаемой сети, что обуславливает краткосрочную достоверность собранной средствами сетевой разведки информации об объекте разведки [15-17]. Однако большинство способов рандомизации сетевых адресов, реализующих одно из направлений технологии MTD – динамически изменяемые параметры сети, ограничены размерами адресного пространства сети (подсети) и полагаются на статическое имя домена хоста для отображения его динамического адреса; поэтому эти методы не могут обеспечить эффективную защиту от случайного сканирования и от злоумышленника, знающего доменное имя цели. В настоящей статье рассматривается способ защиты ИС, направленный на повышение результативности и устранении некоторых недостатков известных способов защиты от сетевой разведки, которую ведет как внутренний, так и внешний злоумышленник [18-20].

Сущность разработанного алгоритма

Особенность разработанного способа заключается в следующем. В статически настроенной сети хосты имеют статические IP-адреса и поэтому злоумышленник может сканировать пространство IP-адресов, идентифицировать цели и после получения необходимой информации успешно эксплуатировать вскрытые уязвимости и проводить компьютерные атаки [21-23]. В сети с динамической структурой IP-адрес абонента постоянно изменяется и поэтому злоумышленник не может поддерживать актуальный список IP-адресов, являющихся целями атаки. Но, в тоже время, доменное имя хоста остается статичным, и поэтому злоумышленник может составить и использовать список доменных имен, на основании которого в дальнейшем проводить компьютерные атаки. Кроме того, ограничение пространства IP-адресов сети, не позволяет обеспечить должную защиту от сканирования с применением только рандомизации сетевых адресов [24-28].

Сущность разработанного способа, заключается в том, что доменное имя и сетевой адрес изменяются динамически, через заданные интервалы времени или по команде со средств защиты в случае наступления события безопасности, а легитимный клиент должен

отправить DNS-запрос с динамически изменяемым доменным именем сервера для получения IP-адреса. Клиентский хост должен сначала отправить DNS-запрос перед подключением к сетевой службе и сможет подключиться к службе только при запросе правильного имени домена, а получить правильные имена доменов клиент может только через сервер проверки подлинности безопасности. Поэтому разработанные механизмы защиты не позволяют злоумышленнику сформировать список доменных имен или адресов цели и затрудняют ему прямой доступ к хосту в сети по IP-адресу, значительно увеличивая сложность сканирования для злоумышленника.

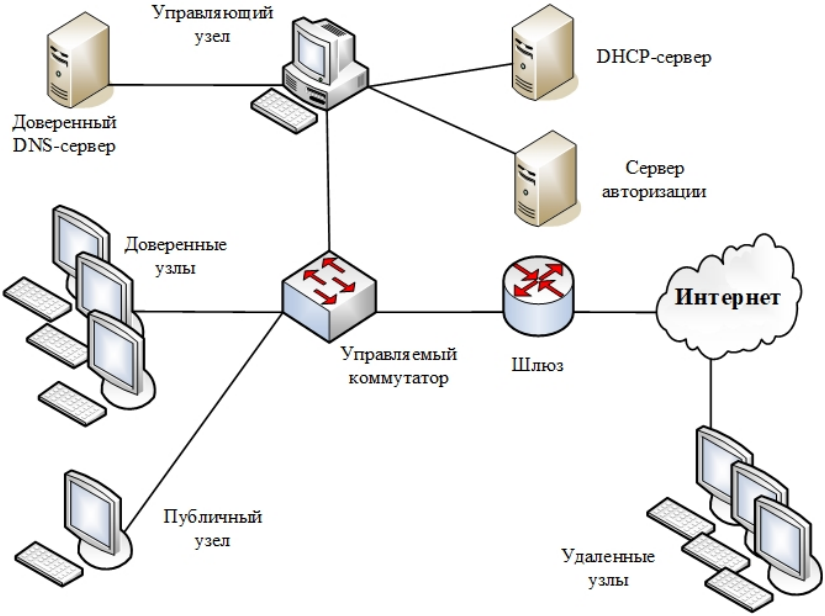


Рисунок. Схема защищаемой информационной системы

Направлением дальнейших исследований в рассматриваемой предметной области авторам видится проведение оценки влияния изменения IP-адресов при различном количестве важных сетевых соединений, не подлежащих разрыву, на результативность защиты, а также поиск и разработка способов защиты с изменением других параметров конфигурации IP-сетей, позволяющих вводить злоумышленника в заблуждение относительно структуры IP-сетей и снижать результативность проведения им компьютерных атак.

Заключение

Таким образом, злоумышленник не может создать доменный список потенциальных целей, и должен тратить больше вычислительного и временного ресурса при сканировании домена, в связи с тем, что пространство в домене намного больше, чем адресное пространство. Все это предполагает, что разработанный способ защиты сможет эффективно защищать от несанкционированного сканирования и сетевых червей, одновременно обеспечивая допустимые уровень затрат вычислительного ресурса.

Список литературы

1. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / С. П. Соколовский [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.
2. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : сб. тр. участников конф. "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Москва, 6-7 декабря 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 88-92.
3. Соколовский, С. П. Применение адаптивных нечетких систем в вопросах разработки средств выявления несанкционированных воздействий на информацию / С. П. Соколовский, Н. А. Усов // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XVI Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 11-12 февраля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 259-264.
4. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире : сб. тр. участников I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.
5. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов, С. Л. Катунцев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2018. – № 3. – С. 239-248.
6. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P.

Sokolovsky [et al.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 1 (29). – С. 10-17.

7. Соколовский, С. П. Метод оценивания качества работы подсистемы распознавания угроз несанкционированного воздействия на за защищенные информационные телекоммуникационные системы / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, П. С. Молоканов // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах : сб. тр. участников Межвуз. научн. конф. "Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах" (Воронеж, 2007 г.). – Воронеж, 2007. – С. 205-208.

8. Соколовский, С. П. Разработка программного обеспечения для оценки бескомпроматности средств сетевой защиты / С. П. Соколовский [и др.] // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XVIII Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 91-96.

9. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

10. Соколовский, С. П. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / С. П. Соколовский, Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

11. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

12. Соколовский, С. П. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

13. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

14. Соколовский, С. П. Модель функционирования системы распознавания угроз безопасности информационно-телекоммуникационной системе / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, С.

В. Скрыль // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – № 12. – С. 167-170.

15. Sokolovsky, S. P. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XIX Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 639-643.

16. Соколовский, С. П. Нейросетевая реализация модуля выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения / С. П. Соколовский, А. В. Душкин // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 123-126.

17. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20-21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 47-52.

18. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 97-102.

19. Соколовский, С. П. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, А. В. Волков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 70-73.

20. Соколовский, С. П. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр // Информация и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 305-308.

21. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

22. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / С. П. Соколовский [и др.] // Технические и

технологические системы : сб. тр. участников IX Междунар. научной конф. "Технические и технологические системы" (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117-121.

23. Соколовский, С. П. Модель конфликта в информационной сфере / С. П. Соколовский, С. Р. Шарифуллин, Е. С. Маленков // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос" (Краснодар, 12-13 апреля 2018 г.). – Краснодар, 2018. – С. 229-304.

24. Моделирование системы конфликтных взаимодействий в информационной системе критического применения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 4. – С. 74-84.

25. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : сб. тр. участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447-448.

26. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.17 ; опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

27. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2680038 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/00, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018101596 ; заявл. 16.01.18 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 22 с.

28. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2682432 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018110755 ; заявл. 26.03.18 ; опубл. 19.03.19, Бюл. № 8. – 33 с.

Принцип принятия решений по результатам обработки больших объёмов данных от нескольких независимых источников

Д. А. Гуляева, email: di.guliaeva@yandex.ru [1]
В. И. Лютин, email: ljutin@mail.ru [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина

Аннотация. *В работе на основе теории различения статистических гипотез синтезирован алгоритм принятия управленческих решений по результатам совместной обработки больших объёмов данных от нескольких независимых источников. Анализируется качество работы синтезированного алгоритма и показывается преимущество комплексированной обработки данных от различных источников. Проведена оценка эффективности комплексированной обработки данных методом имитационного моделирования. Установлено, что увеличение числа источников данных приводит к повышению качества принятия решений.*

Ключевые слова: *теория различения гипотез, Байесовский риск, отношение правдоподобия, достаточная статистика, имитационное моделирование.*

Введение

Всё возрастающие требования к повышению эффективности и качества принятия управленческих решений в условиях возрастания информационных потоков приводят к необходимости всемерной оптимизации автоматических систем принятия решений [1,2].

Одним из перспективных направлений совершенствования автоматических систем обработки больших объёмов данных от нескольких независимых источников, повышения их помехоустойчивости является использование информации о пространственно-энергетических характеристиках объектов и фонов, получаемой в различных участках спектра электромагнитного излучения – ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном и др. При этом изображение просматриваемой области пространства не интерпретируется как обычный зрительный образ, воспринимаемый

© Гуляева Д. А., Лютин В. И., 2020

человеком, а является многомерным (трёх-, четырёх- и более) образом, пригодным для машинного восприятия [3]. Строгая постановка и решение задачи синтеза оптимальных (в смысле статистических критериев качества) алгоритмов обработки результатов подобных комплексных наблюдений в известной литературе отсутствует, не обсуждены особенности оценки эффективности таких алгоритмов.

Цель работы – разработка технологии комплексирования результатов обработки больших объёмов данных от нескольких независимых источников в различных физических полях и оценка Байесовского риска при неизвестных априорных вероятностях и невозможности получения аналитического решения.

1. Синтез алгоритма

В работе поставлены и решены следующие задачи:

– синтез алгоритма принятия решения по критерию Неймана-Пирсона при наблюдениях в различных средах;

– исследование качества принятия решения по критерию Неймана-Пирсона;

– разработка методики имитационного моделирования при расчёте экономического риска;

– определение порога сравнения достаточной статистики для обеспечения требуемой вероятности ошибки первого рода (ложной тревоги);

– определение виртуальных значений априорных вероятностей гипотез;

– расчёт среднего Байесовского риска.

Данные о наблюдаемом объекте или явлении в различных средах представляют собой вектор

$$\vec{Y}_i = \left[y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, ..., y_{Li} \right]^T, \qquad (1)$$

где $i = \overline{1,M}$ – номер среды наблюдения, M – число совместно наблюдаемых процессов.

Совместное наблюдение представляет собой единый вектор, получаемый объединением результатов наблюдений во всех средах

$$\vec{Y} = \left[y_{11}, y_{21}, ..., y_{L1}, y_{12}, y_{22}, ..., y_{L2}, ..., y_{1M}, y_{2M}, ..., y_{LM} \right]^T. \qquad (2)$$

Для принятия решения строятся предположения или гипотезы:

H_1 – гипотеза о наличии объекта, решение – поднять тревогу;

H_0 – альтернатива или гипотеза об отсутствии объекта, решение – ничего не предпринимать или продолжать наблюдение.

Выбор той или иной гипотезы сопровождается потерями или платой за выбор гипотезы. При правильных решениях – это плата за ведение экономической разведки, содержание помещений и прочие необходимые траты на поддержание доходности предприятия. При правильных решениях всегда обеспечивается доход или отсутствие убытков. При неправильных решениях – это экономические потери предприятия. Величина платы устанавливается по результатам длительных наблюдений.

Средний Байесовский риск равен [4]

$$R = \sum_{m=0}^{1} P_m \sum_{n=0}^{1} P\left(H_n \middle| H_m\right) \cdot \Pi_{n,m} \ , \qquad (3)$$

где P_m, $m = 0,1$, $P_0 + P_1 = 1$ – априорные вероятности гипотез; $P\left(H_n \middle| H_m\right)$, $m,n = 0,1$ – вероятность принятия гипотезы H_n, если истинна гипотеза H_m, при этом $P\left(H_1 \middle| H_0\right) = F$ – вероятность ошибки первого рода или вероятность ложной тревоги, $P\left(H_0 \middle| H_1\right)$ – вероятность ошибки второго рода или вероятность пропуска сообщения; $\Pi_{n,m}$, $m,n = 0,1$ – плата или потери при принятии гипотезы H_n, если истинна гипотеза H_m.

Пусть компоненты векторного наблюдения $\vec{Y}_i$, $i = \overline{1,M}$ независимы и имеют нормальное распределение со средним m_i, $i = \overline{1,M}$ и среднеквадратическим отклонением σ_i, $i = \overline{1,M}$

$$w\left(y_{ki}\right) = \left(\sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}\right)^{-1} \cdot exp\left\{-\left(y_{ki} - m_i\right)^2 \middle/ \left(2 \cdot \sigma_i^2\right)\right\}, i = \overline{1,M}, k = \overline{1,L} \ . \qquad (4)$$

Для различаемых гипотез каждый компонент векторного наблюдения равен

$$y_{ki} = \begin{cases} m_{1i} + \sigma_{1i} \cdot u_{ki} : & H_1; \\ m_{0i} + \sigma_{0i} \cdot v_{ki} : & H_0; \end{cases} \quad k = \overline{1,L}, i = \overline{1,M} \ , \qquad (5)$$

где $m_{ni}, n = 0,1$ – среднее, $\sigma_{ni}, n = 0,1$ – среднеквадратическое отклонение по гипотезе H_n, u_{ki} и v_{ki} – стандартные нормальные числа.

На рис. 1 показан пример реализации векторного наблюдения.

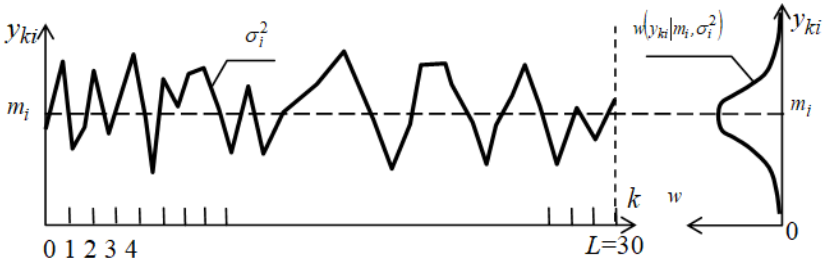


Рис. 1. Реализация векторного наблюдения в i -той среде

Рассмотрим общий случай неравенства дисперсий и неравенства средних значений наблюдений по обеим гипотезам $\sigma_{i1}^2 \neq \sigma_{0i}^2$, $m_{1i} \neq m_{0i}$. При независимости компонентов условное распределение вектора наблюдения равно

$$w_j\left(\vec{Y}\middle|H_j\right)=\frac{1}{\prod_{i=1}^{I}\sigma_{ji}^{L}\cdot\left(\sqrt{2\cdot\pi}\right)^{L}}\cdot exp\left\{-\sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{L}\frac{\left(y_{ki}-m_{ji}\right)^2}{2\cdot\sigma_{ji}^2}\right\} \quad j=1,0\,, \tag{6}$$

Критерием принятия решений является сравнение отношения правдоподобия Λ , равного отношению условных вероятностей вектора наблюдения для различаемых гипотез, с порогом h [4]

$$\Lambda \underset{<}{\overset{H_1}{\geq}} h\,, \tag{7}$$
$$H_0$$

где $\Lambda = w_1\left(\vec{Y}\middle|H_1\right)\Big/ w_0\left(\vec{Y}\middle|H_0\right)$, $h = P_0\cdot\left(\Pi_{10}-\Pi_{00}\right)/\left(P_1\cdot\left(\Pi_{01}-\Pi_{11}\right)\right)$.

После подстановки (6) в (7) решающее правило представляется как сравнение достаточной статистики ξ с порогом Π

$$\xi \underset{<}{\overset{H_1}{\geq}} \Pi\,. \tag{8}$$
$$H_0$$

Достаточная статистика равна сумме достаточных статистик, вычисляемых для каждой среды наблюдения

$$\xi = \sum_{i=1}^{I}\xi_i\,. \tag{9}$$

Достаточная статистика для каждой среды наблюдения равна

$$\xi_i = A_i \cdot \sum_{k=1}^{L} y_{ki}^2 + B_i \cdot \sum_{k=1}^{L} y_{ki},\ i = \overline{1,M}\ , \qquad (10)$$

где $A_i = -\left(\sigma_{1i}^{-2} - \sigma_{0i}^{-2}\right)/2$, $B_i = m_{1i} \cdot \sigma_{1i}^{-2} - m_{0i} \cdot \sigma_{0i}^{-2}$ – коэффициенты.

Порог сравнения достаточной статистики равен

$$\Pi = ln\, h + \sum_{i=1}^{M} \Pi_i\ . \qquad (11)$$

Порог сравнения достаточной статистики для каждой среды наблюдения равен

$$\Pi_i = \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{m_{1i}^2}{\sigma_{1i}^2} - \frac{m_{0i}^2}{\sigma_{0i}^2} \right) - L \cdot ln \frac{\sigma_{0i}}{\sigma_{1i}}\ . \qquad (12)$$

Таким образом, алгоритм принятия решений при наблюдениях в нескольких средах заключается в суммировании достаточных статистик, сформированных в каждой среде наблюдения, и сравнении суммы с порогом, определяемым как сумма порогов сравнения каждой из достаточных статистик и логарифма порога сравнения отношения правдоподобия.

Структурная схема устройства принятия решений, реализующего алгоритм (8), приведена на рис. 2.

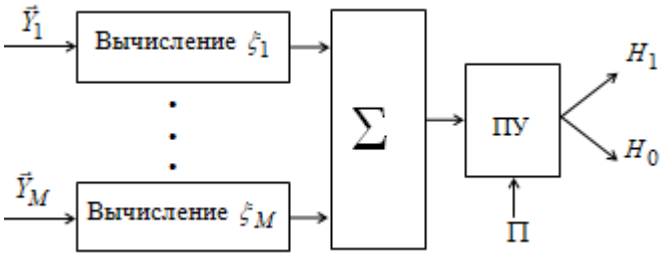


Рис. 2. Структура устройства принятия решений

По результатам наблюдения в каждой среде $\vec{Y}_i, i = \overline{1,M}$ вычисляются достаточные статистики $\xi_i, i = \overline{1,M}$, которые складываются в сумматоре Σ. Сумма достаточных статистик в пороговом устройстве ПУ сравнивается с порогом Π. Если сумма

больше или равна порогу, то принимается решение о гипотезе H_1, в противном случае – о гипотезе H_0.

Структурная схема устройства вычисления достаточных статистик приведена на рис. 3.

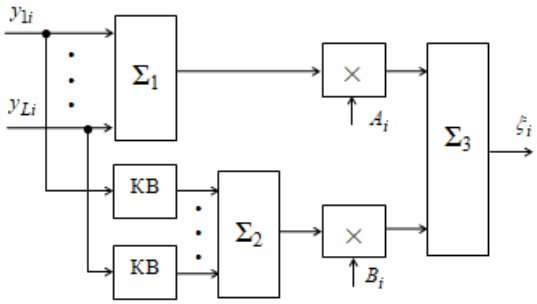


Рис. 3. Структурная схема устройства вычисления достаточных статистик

2. Анализ качества принятия решений

Идея решения проблемы определения среднего Байесовского риска состоит в нахождении порога сравнения достаточной статистики Π для обеспечения требуемой вероятности ложной тревоги F и определении априорных вероятностей $P_0 = P(H_0)$ и $P_1 = P(H_1)$.

Суть проблемы состоит в том, что при $\sigma_{1i}^2 \neq \sigma_{0i}^2$ и $m_{1i} \neq m_{0i}$ рассчитать Байесовский риск аналитически невозможно, так как плотность распределения вероятностей значений достаточной статистики не подчиняется ни нормальному распределению, ни χ^2-распределению.

Так как закон распределения вероятностей достаточной статистики неизвестен, то для оценки качества решений применяется моделирование алгоритма по методу Монте-Карло.

При моделировании определяются вероятности принятия решений об одной из наперёд известных гипотез, путём подсчёта числа правильных решений об этой гипотезе и определения вероятности правильного решения как относительной частоты правильных решений.

Критерий Неймана-Пирсона применяется в том случае, когда неизвестны априорные вероятности гипотез $P_0 = P(H_0)$ и $P_1 = P(H_1)$. Порог сравнения отношения правдоподобия определяется из соотношения

$$P\left(\Lambda > h \middle| H_0\right) = P\left(\xi > \Pi \middle| H_0\right). \quad (13)$$

Отсюда вытекает, что для определения порога Π необходимо провести моделирование наблюдения по гипотезе H_0 и сформировать массив значений достаточной статистики $\left\{\xi_{0k}, k = \overline{1,N}\right\}$. Объём выборки N или число испытаний равно [5]

$$N \geq \left[erf^{-1}\left(P_\partial\right)\right]^2 \Big/ \left(2 \cdot \Delta_\partial^2\right), \quad (14)$$

где P_∂ – доверительная вероятность точности полученного результата моделирования; Δ_∂ – доверительный интервал, в который с доверительной вероятностью P_∂ попадёт значение результата моделирования; $erf^{-1}(\bullet)$ – обратная функция ошибок.

Полученный массив значений достаточной статистики упорядочивается в порядке возрастания

$$S = sort\left\{\xi_{0k}, k = \overline{1,N}\right\}. \quad (15)$$

После выполнения операции сортировки значения достаточной статистики расположены в порядке возрастания, поэтому порог Π равен элементу упорядоченного массива достаточной статистики с номером K

$$\Pi = S_K, \quad (16)$$

где $K = int\left[N \cdot (1 - F)\right]$.

При найденном пороге проводится моделирование по гипотезе H_1, и определяются $P\left(H_1 \middle| H_1\right)$ – вероятность принятия гипотезы H_1 или вероятность правильного решения о гипотезе H_1, если она истинна, и $P\left(H_0 \middle| H_1\right)$ – вероятность принятия гипотезы H_0, если истинна гипотеза H_1 – вероятность ошибки второго рода или вероятность пропуска сообщения.

Из выражения (11) при подстановке (13) находим

$$h = exp\left\{\Pi - \sum_{i=1}^{M}\left[\frac{L}{2} \cdot \left(\frac{m_{1i}^2}{\sigma_{1i}^2} - \frac{m_{0i}^2}{\sigma_{0i}^2}\right) - L \cdot ln\frac{\sigma_{0i}}{\sigma_{1i}}\right]\right\}. \quad (17)$$

Из выражения для порога сравнения отношения правдоподобия находим

$$P_1 = \left(1 + h \cdot (\Pi_{01} - \Pi_{11})\right) / \left((\Pi_{10} - \Pi_{00})\right)^{-1}, \; P_0 = 1 - P_1. \quad (18)$$

Найденные значения априорных вероятностей являются виртуальными, так как реально они не заданы, это такие значения, при которых обеспечивается заданная вероятность ложной тревоги. После определения вероятностей вычисляется средний Байесовский риск.

На рис. 4 приведены результаты моделирования с применением визуальной среды Mathcad в виде точечного поля N значений достаточной статистики и в виде графика упорядоченных значений достаточной статистики, представляющего собой по существу интегральное распределение достаточной статистики, по которому определяется значение порога.

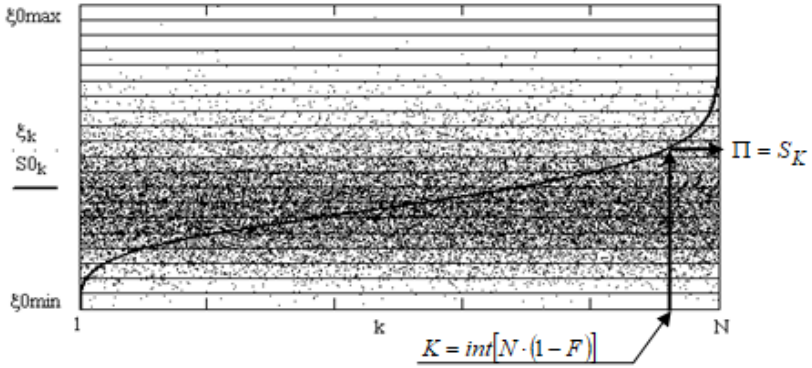


Рис. 4. Результаты моделирования и определение порога

Рассматриваемая задача имеет аналитическое решение при $\sigma_{1i}^2 = \sigma_{0i}^2 = \sigma_i^2, i = \overline{1,M}$. При этом вероятность правильного решения о гипотезе H_1 равна

$$P(H_1|H_1) = \Phi\left(\Phi^{-1}(1-F) + \sqrt{\sum_{i=1}^{M} q_i}\right), \qquad (19)$$

где $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\cdot\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{z} exp\left\{-\frac{1}{2}\cdot x^2\right\} \cdot dx$ – интеграл вероятности; $\Phi^{-1}(\bullet)$ – обратная функция интеграла вероятности; $q_i = \left(\frac{m_{1,i} - m_{0,i}}{\sigma_i}\right)^2, i = \overline{1,M}$ –

параметры отличия наблюдений по гипотезам H_1 и H_0 в различных средах наблюдения.

Выражение (19) показывает, что увеличение числа сред наблюдения приводит к возрастанию вероятности правильного решения или к повышению качества различения гипотез, с другой стороны, слабое отличие наблюдений в каждой из сред за счёт увеличения числа сред наблюдения позволит повысить качество решения, то есть возможен размен числа сред наблюдения на качество решения.

Заключение

Таким образом, в результате исследований разработана методика определения Байесовского риска при проверке статистических гипотез в задаче оценки эффективности управленческих решений по критерию Неймана-Пирсона при совместной обработке больших объёмов данных от нескольких независимых источников. В работе получен научный результат, позволивший определить виртуальные априорные вероятности, соответствующие заданной вероятности ошибки первого рода (ложной тревоги), и установлено правило определения порога сравнения достаточной статистики по результатам моделирования. Установлено, что увеличение сред наблюдения приводит к повышению качества принятия управленческих решений.

Список литературы

1. Десятирикова, Е. Н. Модель ценности информационного ресурса системы управления экономической системой / Е. Н. Десятирикова, В. Е. Белоусов // Вестник Воронежского государственного университета. – 2012. – №2. – С. 14-21.

2. Новикова, Н. М. Байесовский механизм принятия решений человеком-оператором / Н. М. Новикова // Вестник Воронежского государственного университета. – 2006. – №2. – С. 23-29.

3. Просто о больших данных / Гурвиц Джудит [и др.]: [перевод с английского]. – Москва : Эксмо, 2015. – 400 с.

4. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции / Г. Ван Трис. – М. : Советское радио, 1972. – Т. 1 – 742 с.

5. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учеб. для вузов. / Е. С. Вентцель. – 11-е изд. стер. – М. : КНОРУС, 2010. – 664 с.

Алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды

С. А. Диченко, email: dichenko.sa@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище им. С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе представлен алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности многомерного массива информации, хранящейся в системах хранения данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды. Представленный алгоритм применим для существующих методов контроля и восстановления целостности данных.*

Ключевые слова: *системы в защищённом исполнении, системы хранения данных, контроль целостности информации, восстановление целостности информации, хэш-функция, многозначные избыточные коды.*

Введение

В работе [1] представлено оригинальное решение задачи контроля и восстановления целостности информации в современных системах хранения данных (СХД) защищенных информационно-аналитических систем (ИАС) с учетом особенностей их функционирования в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды. Преимуществом разработанного гибридного крипто-кодового метода контроля и восстановления целостности данных является обеспечение защищённости ИАС в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды на уровне аппаратурных и программных затрат, соответствующих наиболее эффективным методам обеспечения надёжности. К тому же, что очень важно, совместное использование в разработанном методе функции хэширования для контроля целостности данных и избыточных модулярных кодов (МК) для её восстановления учитывает структуру многомерного представления информации в современных СХД защищенных ИАС.

Однако, несмотря на преимущества разработанного метода, достоверность контроля и восстановление целостности данных обеспечивается лишь предполагаемой надежностью среды хранения

© Диченко С. А., 2020

контрольной информации, что в условиях деструктивных воздействий среды и, в первую очередь, злоумышленника является весьма сомнительным.

1. Порядок построения системы параллельного контроля и восстановления целостности информации

В работе [1] для возможности осуществления контроля и последующего восстановления целостности (в случае ее нарушения) информации, хранящейся в СХД ИАС, многомерный массив информации, представляемый блоками данных, декомпозируется на подблоки фиксированной длины.

Для декомпозиции блоков данных на подблоки, которые могут быть представлены как векторами, так и десятичными числами, выполняется введённая в работах [2-4] операция фрагментации.

В результате декомпозиции многомерного массива информации, хранящейся в СХД ИАС, выполняемой по известным правилам [5] его расчленения на сечения (сечения гиперкуба данных), которое заключается в выделении подмножества ячеек гиперкуба при фиксировании значения, в частности, одного измерения, получаем матрицу подблоков данных.

Для контроля целостности информации к блокам данных применяется хэш-функция [6-9]. Полученные хэш-коды от блоков данных будут являться эталонными.

Для восстановления целостности (в случае её нарушения) информации над блоками данных представленными системой подблоков выполняется операция расширения [10], где подблоки рассматриваемых блоков данных интерпретируются как наименьшие неотрицательные вычеты по сгенерированным, упорядоченным по величине, попарно простым модулям, подбираемым по правилам, представленным в работах [11-13], и образуют информационный суперблок МК.

В результате операции расширения формируются избыточные подблоки, совокупность которых, а также подблоки, образующие информационный суперблок МК, образуют кодовый вектор МК.

В результате проведенных операций получим матрицу с избыточными подблоками кодового вектора МК и хэш-кодами.

Для завершения построения системы параллельного контроля и восстановления целостности данных, подлежащих хранению в СХД ИАС, необходимо выполнить сложение i-х подблоков хэш-кодов с j-ми избыточными подблоками блоков данных кодового вектора МК.

Таким образом, в работе [1] на подготовительном этапе разработанного метода строится система параллельного контроля и

восстановления целостности данных, подлежащих хранению в СХД ИАС.

2. Обоснование необходимости разработки алгоритмов проверки достоверности контрольной информации

При запросе на использование данных, хранящихся в СХД ИАС, выполняется контроль их целостности, возможность осуществления которого обеспечивается за счет выполнения операции расширения информационного суперблока МК, при этом формируются избыточные подблоки блоков данных кодового вектора МК.

Для подтверждения или опровержения факта нарушения целостности данных выполняется операция сравнения.

По результатам сравнения значений полученных хэш-кодов со значениями ранее вычисленных эталонных хэш-кодов, находящихся на хранении, делается вывод: об отсутствии нарушения целостности данных, при соответствии значений хэш-кодов, или о нарушении целостности данных, при их несоответствии.

Допущением в разработанном методе [1] является предположение о том, что контрольная информация (эталонные хэш-коды), используемая для обеспечения целостности информации, хранится в надежной среде.

Однако, в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды на СХД ИАС, вероятность надежного хранения контрольной информации принимает значение ниже 1. Поэтому перед использованием контрольной информации необходимо убедиться в ее достоверности (в отсутствии нарушения ее целостности).

Для устранения этого недостатка требуется разработать алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности информации, т.е. алгоритм проверки достоверности эталонных хэш-кодов, используемых при контроле целостности данных, хранящейся в СХД ИАС, в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды.

3. Разработка алгоритма проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности данных

Для осуществления проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности данных необходимо выполнить:

Шаг 1. Вычислим от эталонных хэш-кодов эталонные хэш-коды второго порядка. Хэш-коды, предназначенные для контроля целостности эталонных хэш-кодов, изначально вычисленных для осуществления контроля целостности данных, будут называться эталонными хэш-кодами второго порядка.

Шаг 2. Разместим вычисленные эталонные хэш-коды второго порядка в матрице, где в соответствии с разработанной в работе [8] моделью контроля целостности данных на основе схемы построения квадратных кодов к каждой строке и столбцу квадрата, добавляются эталонные хэш-коды второго порядка, которые вычисляются от совокупности эталонных хэш-кодов, расположенных на соответствующей строке и столбце квадрата.

Шаг 3. Построим сеть хэширования.

Шаг 4. На основе сети хэширования составим таблицу синдромов, по которой определим локализованный проверяемый эталонный хэш-код с нарушением целостности.

Заключение

Таким образом, разработан алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности многомерного массива информации, хранящейся в СХД в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды.

Список литературы

1. Диченко, С. А. Гибридный крипто-кодовый метод контроля и восстановления целостности данных для защищённых информационно-аналитических систем / С. Диченко, О. Финько // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6(34). – С. 17-36.

2. Пат. 2680739 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ контроля и обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2017141538 ; заявл. 28.11.17 ; опубл. 26.02.19, Бюл. № 6. – 21 с.

3. Пат. 2680033 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2017117714 ; заявл. 22.05.17 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 17 с.

4. Пат. 2696425 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ двумерного контроля и обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2018118919 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 02.08.19, Бюл. № 22. – 26 с.

5. Соколов, Н. П. Введение в теорию многомерных матриц / Н. П. Соколов. – Издательство: «Просвещение», 2012. – 175 с.

6. Разработка алгоритма контроля и обеспечения целостности данных при их хранении в центрах обработки данных / С. А. Диченко [и

др.] // Сборник научных статей VIII Международной молодежной научно-практической конференции с элементами научной школы. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.

7. Dichenko, S. Two-dimensional control and assurance of data integrity in information systems based on residue number system codes and cryptographic hash functions / S. Dichenko, O. Finko // Integrating Research Agendas and Devising Joint Challenges International Multidisciplinary Symposium ICT Research in Russian Federation and Europe. – 2018. – P. 139-146.

8. Диченко, С. А. Контроль и обеспечение целостности информации в системах хранения данных / С. А. Диченко // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 49-57.

9. Диченко, С. А. Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 697-701.

10. Пат. 2707940 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ многоуровневого контроля и обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2019103723 ; заявл. 11.02.19 ; опубл. 02.12.19, Бюл. № 34. – 23 с.

11. Пат. 2485575 Российская Федерация, МПК12 G 06 F 7/57. Самопроверяемый специализированный вычислитель систем булевых функций [Текст] / Диченко С. А., Вишневский А. К., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2012120739 ; заявл. 18.05.12 ; опубл. 20.06.13, Бюл. № 17. – 15 с.

12. Пат. 2579991 Российская Федерация, МПК15 G 06 F 7/57. Самопроверяемый специализированный вычислитель систем булевых функций [Текст] / Диченко С. А., Крупенин А. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2015116042 ; заявл. 27.04.15 ; опубл. 11.03.16, Бюл. № 10. – 21 с.

13. Пат. 2680035 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Отказоустойчивый специализированный вычислитель систем булевых функций [Текст] / Диченко С. А., Кись С. А., Самойленко Д. В. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2018115590 ; заявл. 25.04.18 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 18 с.

Системный анализ проблемы обеспечения целостности данных в информационно-аналитических системах

С. А. Диченко, email: dichenko.sa@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище им. С.М. Штеменко

Аннотация. *Рассмотрена проблема обеспечения целостности данных в современных системах хранения данных информационно-аналитических систем в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды. Сформулированы пути ее решения, основанные на агрегирование известных методов контроля и восстановления целостности данных в случае ее нарушения.*

Ключевые слова: *системный анализ, обеспечение целостности данных, система хранения данных*

Введение

Основным требованием, предъявляемым к различным информационным системам, является защита обрабатываемых в них данных. Одной из мер обеспечения защищенности данных является обеспечение их целостности [1].

В условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды особую актуальность решение задачи обеспечения целостности данных приобретает в процессе функционирования информационно-аналитических систем, центральной подсистемой которых, как известно, является система хранения данных. Это обуславливается тем, что правильность решения, принятого пользователем информационно-аналитической системы, напрямую зависит от достоверности обрабатываемых в ней данных.

1. Формализация проблемы обеспечения целостности данных

Порядок обеспечения целостности данных является комплексной задачей, ее решение в настоящее время включает в себя: осуществление контроля целостности данных, реализуемого преимущественно криптографическими методами, и восстановление целостности в случае ее нарушения за счет использования методов теории надежности (резервирование).

Таким образом, обеспечение целостности данных достигается отдельно методами из области безопасности информации и методами теории надежности, что не учитывает всех особенностей

© Диченко С. А., 2020

функционирования существующих информационно-аналитических систем.

Так, в случае нарушения целостности данных, ее восстановление, осуществляемое посредством методов теории надежности, несет вероятностный характер и является не приемлемым, к примеру, для информационно-аналитических систем, где обрабатываются сведения, на которые налагается ограничение в соответствии с федеральными законами.

Известны различные решения проблемы обеспечения целостности данных, среди которых наибольший интерес представляют следующие.

2. Анализ существующих решений обеспечения целостности данных в информационно-аналитических системах

В настоящее время наиболее популярным решением комплексной защиты целостности данных является последовательное применение сначала криптографических преобразований к данным для контроля их целостности (одними из известных и широко используемых являются схемы применения хэш-функций [2-6]), а затем – технологии резервного копирования данных для восстановления их целостности в случае ее нарушения.

Хорошо известно [7-9], что восстановление целостности данных в случае ее нарушения посредством применения технологии резервного копирования достигается введением высокой избыточности, равной 100% от общего объема защищаемых данных. К тому же, одним из главных недостатков наиболее типичных и распространенных схем хэширования, где от каждого подблока блока данных, подлежащего защите, вычисляется хэш-код, является высокая избыточность при осуществлении контроля целостности последовательностей подблоков блока данных небольшой размерности.

Высокая избыточность, вводимая для контроля и обеспечения целостности данных, является одним из главных недостатков существующих решений, поэтому поиск путей снижения вводимой избыточности для заданного уровня защищенности данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды является актуальным.

К тому же, несмотря на повсеместное применение хэш-функций, они крайне мало исследованы, а практические предложения по их применению сводятся к нахождению путей повышения их криптостойкости [10], а предложения по применению хэш-функций, позволяющие, снизить вводимую избыточность для заданного уровня защищенности данных, весьма немногочисленны.

3. Пути решения проблемы обеспечения целостности данных в современных системах хранения данных

Предлагаемое решение проблемы обеспечения целостности данных заключается в комплексном, интегрированном применении (объединении) криптографических методов и методов помехоустойчивого кодирования, что позволит проектировать и строить отказоустойчивые системы хранения данных различных информационно-аналитических систем, в том числе информационно-аналитических систем, где обрабатываются сведения, на которые налагается ограничение в соответствии с федеральными законами.

Проблему обеспечения целостности данных предполагается решать в два этапа [11-14]:

1. Первый этап (подготовительный) включает в себя:

– шаг 1: формирование первоначального блока данных M^*, подлежащего защите, содержащего информационные подблоки блока данных $m_1, m_2, \ldots, m_n$;

– шаг 2: вычисление значения эталонного хэш-кода S^* хэш-функции $h(M^*)$;

– шаг 3: формирование блока данных M с избыточными подблоками блока данных $m_{n+1}, \ldots, m_k$;

2. Второй этап (основной) включает в себя:

– шаг 1: осуществление контроля целостности защищаемого блока данных посредствам сравнения значений эталонного хэш-кода S^* хэш-функции $h(M^*)$ от первоначального блока данных M^* и хэш-кода S хэш-функции $h(M)$ от проверяемого блока данных M;

– шаг 2: восстановление целостности данных за счет использования математического аппарата избыточных модулярных кодов.

С позиции теории систем такое объединение позволяет обеспечить целостность данных, хранящихся в информационно-аналитических системах (способность системы не только к контролю неизменности данных, но и к восстановлению достоверных данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды), и присуще только тогда, когда система составляет одно целое.

Заключение

Построение отказоустойчивых систем хранения данных информационно-аналитических систем направлено на достижение определенных целей, связанных в первую очередь с правильностью

принятия решения. Выбор того или иного решения приводит к определенным последствиям, которые оцениваются по степени соответствия их решаемой цели и накладывают дополнительные требования по обеспечению полноты, достоверности и методов обработки информации в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды. С позиций информационной безопасности указанная совокупность требований обеспечивается реализацией одного из основных ключевых понятий – целостность информации, которую в агрессивных условиях функционирования информационно-аналитических систем необходимо обеспечить.

Полученные результаты дают научный и инженерный инструментарий для обеспечения целостности данных при создании перспективных и совершенствования существующих системах.

Список литературы

1. Omondi, A. Residue Number System: Theory and Implementation / A. Omani, B. Premkumar // Imperial Collegt Press. London. – 2007. − 452 p.

2. Пат. 2680739 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ контроля и обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2017141538 ; заявл. 28.11.17 ; опубл. 26.02.19, Бюл. № 6. – 21 с.

3. Пат. 2696425 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ двумерного контроля и обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2018118919 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 02.08.19, Бюл. № 22. – 26 с.

4. Пат. 2680033 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2017117714 ; заявл. 22.05.17 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 17 с.

5. Пат. 2707940 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Способ многоуровневого контроля и обеспечения целостности данных [Текст] / Диченко С. А., Самойленко Д. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2019103723 ; заявл. 11.02.19 ; опубл. 02.12.19, Бюл. № 34. – 23 с.

6. Диченко, С. А. Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методология, технологии.

Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 697-701.

7. Пат. 2485575 Российская Федерация, МПК12 G 06 F 7/57. Самопроверяемый специализированный вычислитель систем булевых функций [Текст] / Диченко С. А., Вишневский А. К., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2012120739 ; заявл. 18.05.12 ; опубл. 20.06.13, Бюл. № 17. – 15 с.

8. Пат. 2579991 Российская Федерация, МПК15 G 06 F 7/57. Самопроверяемый специализированный вычислитель систем булевых функций [Текст] / Диченко С. А., Крупенин А. В., Финько О. А. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2015116042 ; заявл. 27.04.15 ; опубл. 11.03.16, Бюл. № 10. – 21 с.

9. Пат. 2680035 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/57. Отказоустойчивый специализированный вычислитель систем булевых функций [Текст] / Диченко С. А., Кись С. А., Самойленко Д. В. ; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище – № 2018115590 ; заявл. 25.04.18 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 18 с.

10. Левин, В. Ю. О повышении криптостойкости однонаправленных хэш-функций / В. Ю. Левин // Фундамент. и прикл. матем. – 2009. – Т. 15. Выпуск 5. – С. 171-179.

11. Диченко, С. А. Разработка алгоритма контроля и обеспечения целостности данных при их хранении в центрах обработки данных / С. А. Диченко [и др.] // Сб. науч. статей VIII Междунар. молод. научно-пр. конф. с элементами науч. шк. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.

12. Dichenko, S. Two-dimensional control and assurance of data integrity in information systems based on residue number system codes and cryptographic hash functions / S. Dichenko, O. Finko // Integrating Research Agendas and Devising Joint Challenges International Multidisciplinary Symposium ICT Research in Russian Federation and Europe. – 2018. – P. 139-146.

13. Диченко, С. А. Контроль и обеспечение целостности информации в системах хранения данных / С. Диченко // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 49-57.

14. Диченко, С. А. Гибридный крипто-кодовый метод контроля и восстановления целостности данных для защищённых информационно-аналитических систем / С. Диченко, О. Финько // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6(34). – С. 17-36.

Аддитивный алгоритм стеганографического маркирования графических контейнеров на основе метода FastICA

М. А. Дрюченко, email: m_dryuchenko@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В работе рассматривается алгоритм стеганографического маркирования цифровых изображений, использующий принципы аддитивного встраивания данных и метод анализа независимых компонент для извлечения скрытой информации.*

Ключевые слова: *стеганография, цифровые водяные знаки, метод анализа независимых компонент.*

Введение

К числу актуальных и перспективных направлений защиты информации относятся технологии цифровой стеганографии, реализующие защищенное скрытное внедрение пользовательских или идентификационных данных в произвольные цифровые или аналоговые объекты (контейнеры). Стеганографические методы позволяют решать широкий класс задач, включая скрытное хранение и передачу данных по открытым каналам телекоммуникации, контроль целостности и аутентичности данных, отслеживание несанкционированного использования и распространения различных цифровых объектов. Наиболее часто в качестве стеганографических контейнеров рассматриваются обладающие психовизуальной избыточностью цифровые изображения. Широкое распространение получили алгоритмы, реализующие аддитивные принципы встраивания данных в контейнеры путем линейной их модификации как в пространственном, так и в частотном их представлении [1-3]. Подобные алгоритмы, как правило, предназначены для маркирования контейнеров цифровыми водяными знаками (ЦВЗ), представляющими собой псевдослучайные последовательности чисел, внедряемые в выбранное подмножество элементов (пикселей, спектральных коэффициентов) исходного контейнера. Для извлечения данных в алгоритмах могут использоваться корреляционные методы, при этом зачастую необходимо иметь пару контейнеров – исходный и маркированный.

В данной работе рассматривается аддитивный «слепой» алгоритм стеганографического скрытия в пространственном представлении контейнеров, использующий метод анализа независимых компонент для

© Дрюченко М. А., 2020

извлечения скрытой информации и не требующий наличия исходного незаполненного контейнера в процедуре восстановления ранее скрытых данных. Алгоритм может применяться для встраивания двумерных черно-белых пиктограмм (например, QR-кодов) в контейнеры-изображения фотографического качества.

1. Алгоритм встраивания и извлечения данных

Пусть I – незаполненный контейнер-изображение размером $W \times H$ пикселей, используемый для скрытия сообщения M (пиктограммы размером $m \times m$ пикселей), $\tilde{I}$ – заполненный контейнер. Для встраивания и извлечения M используется ключ K, определяющий порядок обхода элементов контейнера и, в общем случае, представимый набором параметров для инициализации начального состояния генератора псевдо-случайной числовой последовательности (ПСЧП). Основные этапы работы стегоалгоритма отражены на обобщенной схеме встраивания и извлечения информации, приведенной на рис. 1. Далее рассмотрим каждый этап более подробно.

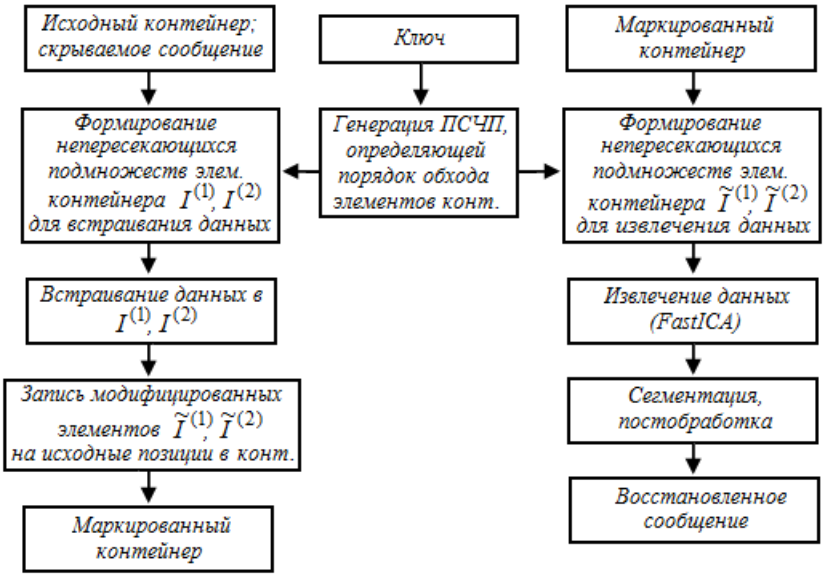


Рис. 1. Обобщенная схема стеганографического встраивания и извлечения данных

На первом этапе работы алгоритма встраивания из множества элементов (значений яркости/цветности пикселей) исходного контейнера

выделяется два непересекающихся подмножества по $l = m \cdot m$ элементов $I^{(1)}, I^{(2)} \in I$, $I^{(1)} \cap I^{(2)} = \varnothing$. Элементы $I^{(1)} = \left(c_1^{(1)}, \ldots c_l^{(1)}\right)^T$, выбираются в псевдо-случайной порядке равномерно по всему контейнеру I, причем $c_{k+1}^{(1)} \geq c_k^{(1)}$, $k = \overline{1,l}$. Для выполнения последнего условия часть выбираемых согласно сгенерированной ПСЧП элементов может пропускаться. Необходимым условием работоспособности алгоритма является подобие $I^{(1)}$ и $I^{(2)}$, в частности определяемое близостью их гистограмм. Для простоты элементы $I^{(2)}$ могут выбираться в областях, соответствующих окрестностям элементов $I^{(1)}$ на I, по правилу $\left\| c_k^{(1)} - c_k^{(2)} \right\| \to \min$, $c_k^{(1)} = I_{xy}$, $c_k^{(2)} = I_{x+i,y+j}$, $i = \overline{-1,1}, j = \overline{-1,1}, i = j \neq 0$, $x \in (1, W), y \in (1, H)$, $k = \overline{1,l}$, т.е. в $I^{(2)}$ добавляются наиболее близкие по яркости/цветности к соответствующим элементам из $I^{(1)}$ пиксели из I.

На следующем шаге реализуется встраивание сообщения в выделенные подмножества пикселей контейнера путем домножения его элементов на масштабирующие коэффициенты и добавления результата к $I^{(1)}, I^{(2)}$

$$\widetilde{I}^{(1)} = I^{(1)} + \alpha_1 M \ , \ \widetilde{I}^{(2)} = I^{(2)} + \alpha_2 M \ ,$$

где значения множителей α_1, α_2 выбираются таким образом, чтобы встраивание сообщения не приводило к заметным для глаза искажениям контейнера.

Далее реализуется запись значений элементов из $\widetilde{I}^{(1)}, \widetilde{I}^{(2)}$ на их исходные позиции в I, в результате чего формируется маркированный контейнер $\widetilde{I}$. Пример маркированного контейнера, сформированного в результате встраивания пиктограммы QR-кода размером 128×128 пикселей в контейнер размером 512×512 пикселей приведен на рис. 2.

На первом этапе работы алгоритма извлечения данных из множества элементов маркированного контейнера в соответствие с заданным стегоключом выделяется два непересекающихся подмножества элементов $\widetilde{I}^{(1)}, \widetilde{I}^{(2)} \in \widetilde{I}$, подобно тому, как это описано выше в алгоритме скрытия. При правильном задании стегоключа $\widetilde{I}^{(1)}, \widetilde{I}^{(2)}$ фактически представляют собой смеси полезного сигнала, представленного встроенным сообщением, и шума, представленного подмножеством элементов контейнера. Одним из возможных вариантов для детерминирования полезного сигнала и шума является использование метода анализа независимых компонент (Independent

Component Analysis - ICA) – вычислительного метода, предназначенного для выделения скрытых факторов, базовых для наборов случайных переменных, измерений и сигналов. ICA определяет производящую модель для наблюдаемых многомерных временных рядов, считающихся линейными смесями некоторых неизвестных скрытых переменных, полученных в неизвестной смешивающей системе [4].

а б в

а – встраиваемое сообщение (QR-код), б – исходный контейнер «Lena.png», в – маркированный контейнер

Рис. 2. Результат работы алгоритма стегоскрытия

В общем виде задача анализа независимых компонент состоит в оценке линейной модели вида $X = AS$, где X – многомерный временной ряд размерности $k \times n$, его векторы строки $X[i] = \left(x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \ldots x_n^{(i)}\right)$, $i = \overline{1,k}$ рассматриваются как реализации случайного вектора с нулевым математическим ожиданием; S – реализация многомерного вектора размерности $p \times n$, $k \geq p$, векторы строки $S[i] = \left(s_1^{(i)}, s_2^{(i)}, \ldots s_n^{(i)}\right)$, $i = \overline{1,p}$, предполагаются статистически взаимно независимыми, а также негауссовыми [5], A – постоянная матрица размером $k \times p$. Следует отметить, что для анализа доступна только статистическая выборка значений векторов строк $X[i]$, $i = \overline{1,k}$. Можно определить обратное преобразование

$$S = WX, \tag{1}$$

где W – постоянная матрица весов размером $p \times k$, для нахождения которой применяется алгоритм FastICA [6], основанный на понятии взаимной информации. Взаимная информация является мерой

независимости (скалярных) случайных переменных $S[i]$, $i = \overline{1, p}$ и определяется как

$$U(S[1],\dots S[m]) = J(S) - \sum_{i=1}^{m} J(S[i]),$$

где $J(S) = H(S_{Gauss}) - H(S)$ – негэнтропия вектора S, $H(S) = -\int f(S)\log(f(S))dS$ – дифференциальная энтропия случайного вектора S, $f(S)$ – плотность вероятности вектора S. $J(S)$ является мерой отклонения распределения $f(S)$ вектора S от гауссова распределения.

На практике используется аппроксимация $J(S)$

$$J(S[i]) \approx \lambda\left(E\left[G(S[i])\right] - E\left[G(v)\right]\right)^2, \quad (2)$$

где G – любая не квадратичная функция (например, $G(s) = s^3$); λ – произвольная константа; v – стандартная гауссова переменная с нулевым средним и единичной дисперсией. Аппроксимация (2) дает целевую функцию для определения преобразования W в (1).

Вектор строка $S[i] = w^T X$ определяется в результате нахождения максимума функции

$$J_G(w) = \lambda\left(E\left[G(w^T X)\right] - E\left[G(v)\right]\right)^2, \quad (3)$$

где $w -$ n-мерный вектор весов, ограниченный условием $E\left[(w^T X)^2\right] = 1$. При условии некоррелированности $S[i]$, $i = \overline{1, p}$, взаимная информация (2) минимальна, когда максимальна сумма негэнтропии всех компонент $S[i]$, $i = \overline{1, p}$. Это приводит к задаче оптимизации

$$\max_{w[i], i=1,p} \left(\sum_{i=1}^{p} J_G(w[i]) \right), \quad (4)$$

при ограничении $E\left[\left(w[i]^T X\right)\left(w[j]^T X\right)\right] = \delta_{ij}$ [4].

Каждый вектор $w[i]$, $i = \overline{1, m}$, дает одну строку матрицы W в (1). При определении одной компоненты $S[i]$, $i = \overline{1, p}$, векторы максимума $J_G(w)$ в (3) принадлежат некоторым векторам оптимума $E\left[G\left(w^T X\right)\right]$. В соответствие с условиями Куна-Таккера при

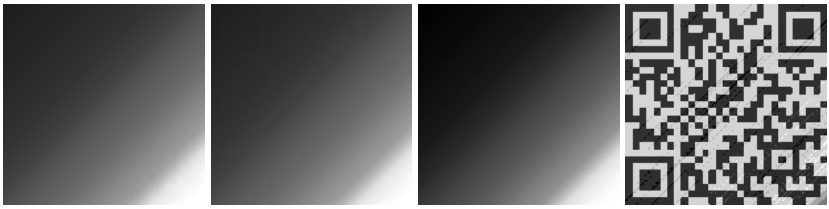
ограничении $E\left[G\left(w^T X\right)\right]=\|w\|^2=1$ оптимумы $E\left[G\left(w^T X\right)\right]$ – это векторы, для которых выполняется условие

$$E\left[Xg\left(w_0^T X\right)\right]-E\left[w_0^T Xg\left(w_0^T X\right)\right]w=0, \quad (5)$$

где $g()$ – производная целевой функции $G()$ в (3), w_0 – значение w в оптимуме $E\left[G\left(w^T X\right)\right]$. Уравнение (5) решается по методу Ньютона. После определения матрицы весов W многомерный вектор независимых компонент S определяется по формуле (1).

В случае применения алгоритма FastICA для извлечения скрытых данных на основе $\tilde{I}^{(1)}, \tilde{I}^{(2)}$ формируется многомерный вектор наблюдений X размерности $2\times l$. Векторы $X[i]$, $i=1,2$ центрируются путем поэлементного вычитания среднего и «выбеливаются» (устраняется статистическая корреляция высоких порядков [7]). Далее задается начальный произвольный многомерный вектор весов W с единичной нормой и в соответствие с (1) определяются векторы независимых компонент $S[i]$, $i=1,2$ длиной l, на основе которых формируются графические представления извлеченных данных $\hat{I}^{(1)}, \hat{I}^{(2)}$ размерности $m\times m$ путем их заполнения элементами соответствующих векторов $S[i]$ построчного или в зигзагообразном порядке (подобно тому, как это делается в алгоритме JPEG), в зависимости от изначально выбранного порядка обхода элементов $I^{(1)}, I^{(2)}$ при встраивании данных. Полученные в результате матрицы $\hat{I}^{(1)}, \hat{I}^{(2)}$ представляют из себя искомые «статистически независимые» изображения, одно из которых является скрытым сообщением-пиктограммой. Примеры входных и выходных данных алгоритма FastICA приведены на рис. 3,4.

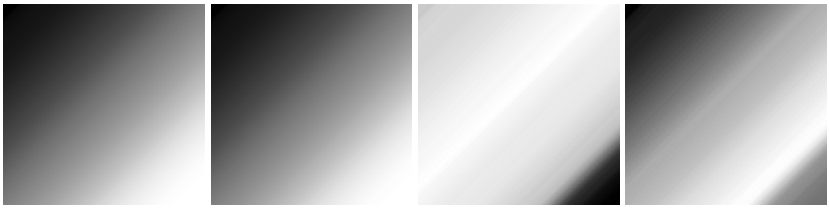
Пример корректно восстановленного сообщения в виде QR-кода приведен на рис. 3*г*. В случае задания неверного значения стегоключа корректное извлечение информации становится невозможным (рис. 4*в,г*). В интересах улучшения визуального представления к восстановленному сообщению дополнительно могут применяться процедуры бинарной сегментации и подавления шума.



а б в г

а,б – фрагменты со встроенной информацией, подаваемые на вход алгоритма FastICA, в,г – результат разделения сигналов

Рис. 3. Входные и выходные данные алгоритма FastICA, сформированные при корректном задании стегоключа



а б в г

а,б – фрагменты без встроенной информации, подаваемые на вход алгоритма FastICA, в,г – результат разделения сигналов

Рис. 4. Входные и выходные данные алгоритма FastICA, сформированные при некорректном задании стегоключа

Заключение

В работе рассмотрен аддитивный стегоалгоритм, применимый для встраивания графических сообщений типа пиктограмм или QR-кодов в контейнеры изображения. Восстановление скрытых данных реализуется в отсутствие исходного контейнера с использованием метода анализа независимых компонент. Секретность процедур встраивания и извлечения данных базируется на использовании псевдослучайных последовательностей, определяющих порядок формирования модифицируемых подмножеств элементов контейнера.

Список литературы

1. Loo, P. Watermarking using complex wavelets with resistance to geometric distortion / P. Loo, N. G. Kingsbury // Proceedings of the 10th european signal processing conference. – 2000. – P. 200-203.

2. Kim, J. R. A robust wavelet-based digital watermark using level-adaptive thresholding / J. R. Kim, Y. S. Moon // Proceedings of the 6th IEEE international conference on image processing. – 1999.– Vol. 2. – P. 202-207.

3. Lu, C.-S. Cocktail watermarking on images / C.-S. Lu, H.-Y. M. Liao, S.-K. Huang, C.-J. Sze // Proceedings of the 3rd Information Hiding Workshop. - 1999. - Vol. 1768. – P. 333-347.

4. Кухаренко, Б.Г. Анализ независимых компонент и скрытая марковская модель для определения доминантных компонент многомерных временных рядов / Информационные технологии (приложение к журналу) . – 2010. – № 11. – 32 с.

5. Cichocki, A. Adaptive Blind Signal and Image Processing: Learning Algorithms and Applications / A. Cichocki, S. Amari // John Wiley & Sons, 2002.

6. Hyvarinen, A. Fast and robust fixed-point algorithms for Independent Component Analysis // IEEE Transactions on Neural Networks. – 1999. – V. 10. – № 3. – P. 626-634.

7. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – Выпуск 2. – М. : Мир, 1974. – 197 с.

Способ распознавания двоичных информационных сигналов в условиях частотно-селективных искажений на фоне белого шума

А. Ф. Евстафиев, Ф. А. Евстафиев, email: evfeal@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *На основе учета различий в формах искаженных сигналов и корреляционных функций шумов на выходах согласованных фильтров приемника при наличии частотно-селективных искажений разработан способ и алгоритм его реализации распознавания двоичных сигналов, обладающий повышенной помехоустойчивостью по сравнению с известными решениями в данных условиях помеховой обстановки.*

Ключевые слова: *алгоритм распознавания, двоичные сигналы, частотно-селективные искажения, помехоустойчивость.*

Введение

При высокоскоростной передаче информации требуются широкополосные радиоканалы, в которых наиболее интенсивно проявляются частотно-селективные искажения, снижающие помехоустойчивость приема информации на фоне флюктуационного шума. Известные способы нейтрализации такого рода искажений требуют увеличения как энергетических, но главным образом, частотно-временных ресурсов каналов связи, что не всегда является возможным [1].

В данной работе предлагается адаптивный способ распознавания сигналов на основе текущего учета различий между формами искаженных сигналов и корреляционными функциями шумов на выходах согласованных фильтров приемника и не требующий увеличения энергетических и частотно-временных ресурсов канала связи. При этом повышение помехоустойчивости распознавания искаженных сигналов обеспечивается путем предсказания значений шума в моменты информационных отсчетов по результатам его измерения в двух опорных отсчетах, находящихся в области высокой корреляции относительно информационных отсчетов с последующим использованием этой информации при вынесении решения.

На основе результатов, полученных при решении задачи обнаружения сигналов в условиях частотно-селективных искажений на

© Евстафиев А.Ф., Евстафиев Ф.А., 2020

фоне белого шума построим алгоритм их распознавания в тех же условиях помеховой обстановки [2].

В качестве математической модели частотно-селективных искажений спектра сигнала примем полигармоническую модель в следующем виде:

$$H(\omega,t)=\left(N\pm\sum_{i=1}^{n}a_i\cos\omega t_i\right)^{1/2}, \qquad (1)$$

где n – количество гармонических составляющих в модели; a_i и t_i – случайные величины, изменяющиеся независимо в заданных интервалах; N – коэффициент, обеспечивающий физическую реализацию данной модели.

1. Структурная схема алгоритма распознавания

Структурная схема алгоритма распознавания сигналов в условиях частотно-селективных искажений на фоне белого шума представлена на рис. 1.

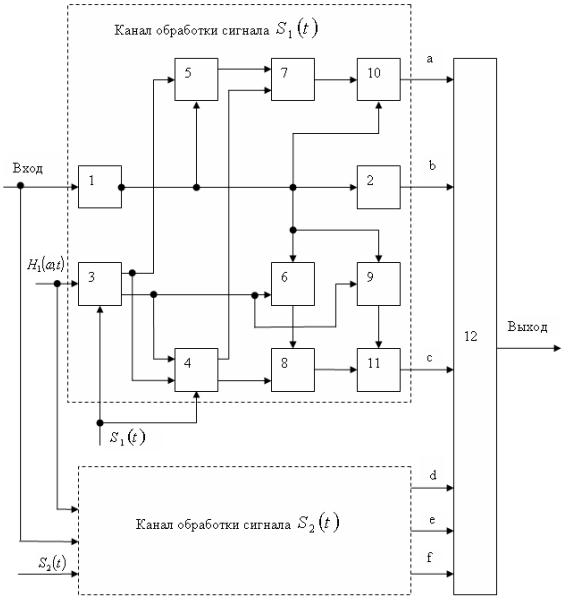


Рис. 1. Структурная схема алгоритма распознавания сигналов в условиях частотно-селективных искажений при пороговом принятии решения

На схеме детально раскрыт только один канал обработки для сигнала $S_1(t)$, так как во втором канале обработки, обозначенного пунктиром для сигнала $S_2(t)$ выполняются аналогичные операции.

На схеме: 1 – согласованный фильтр; 2 – неуправляемое пороговое устройство; 3 – устройство определения моментов опорных отсчетов τ_1 и τ_2; 4 – вычислитель коэффициентов корреляции $r(\tau_1)$, $r(\tau_2)$ шума на выходе фильтра; 5 и 6 – измерители сигнально-помеховых реализаций $u(\tau_1)$, $u(\tau_2)$ на выходе фильтра; 7 и 8 – вычислители пороговых уровней $\Pi(\tau_1)$, $\Pi(\tau_2)$; 9 – элемент задержки сигнала на время τ_2; 10 и 11 – управляемые пороговые устройства; 12 – объединяющее решающее устройство, с которым совмещен генератор тактовых импульсов для отсчета информационных символов.

Таким образом, схема распознавания содержит два симметричных канала обработки сигналов, каждый из которых имеет по три частных выхода (a, b, c) и (d, e, f), которые объединены в общем решающем устройстве. Выходы (b) и (e) являются основными, которые реализованы по классической схеме порогового обнаружения сигнала, а выходы (a), (c), (d), (f) являются дополнительными и реализованы схемами обработки сигналов с использованием дополнительной информации, получаемой в опорных отсчетах. В результате объединяющее решающее устройство имеет шесть входов, по комбинации наличия и отсутствия сигналов на которых формируется решение о наличии в канале связи соответствующего сигнала.

2. Исходы формирования итогового решения

В данном случае возможны восемь независимых исходов при формировании итогового решения. При этом если передавался сигнал $S_1(t)$, то ошибка в его приеме будет иметь место при следующих исходах.

Первый исход: на входах (a), (b), (c) решающего устройства сигналы отсутствуют. Ошибка будет в том случае, если на входах (d), (e), (f) сигналы также отсутствуют. Такая неопределенность принимается за ошибку, так как декодер системы с равной вероятностью на данной временной позиции регистрирует либо сигнал $S_1(t)$, либо $S_2(t)$. Явная ошибка будет иметь место, если сигнал присутствует хотя бы на одном из входов (d), (e), (f).

Если обозначить через $P_{1Д} - P_{6Д}$; $P_{1F} - P_{6F}$ частные вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги по соответствующим входам решающего устройства, то частная вероятность ошибки в

приеме сигнала $S_1(t)$ при одинаковых вероятностях ложной тревоги во всех каналах обработки и одинаковых вероятностях правильного обнаружения сигнала в дополнительных каналах обработки, будет равна

$$P_{ош1} = 0{,}5(1 - P_{1Д})(1 - P_{2,3Д})^2[(P_F - 1)^3 + 2], \quad (2)$$

где вероятность правильного обнаружения сигнала в основном $P_{1Д}$ и дополнительных $P_{2,3Д}$ каналах обработки определяются следующими выражениями:

$$P_{1Д} = 1 - \Phi\left[\Phi^{-1}(1 - P_{1F}) - \frac{S(0; a_1,..., a_n; t_1,..., t_n)}{\sqrt{P_{ш}}}\right]; \quad (3)$$

$$P_{2,3Д} = 1 - \Phi\left\{\Phi^{-1}(1 - P_{2,3F}) - \frac{[S(0; a_1,..., a_n; t_1,..., t_n) + r(\tau_0)S(\tau_0; a_1,..., a_n; t_1,..., t_n)]}{\sqrt{P_{ш}[1 - r^2(\tau_0)]}}\right\}, \quad (4)$$

где $S(0; a_1,..., a_n; t_1,..., t_n)$, $S(\tau_0; a_1,..., a_n; t_1,..., t_n)$, P_{1F}, $P_{2,3F}$ – сигнальные составляющие и вероятности ложной тревоги в основном и дополнительных отсчетах; $P_{Ш}$, $r(\tau_0)$ – мощность шума и его коэффициент корреляции на выходе согласованного фильтра в интервале τ_0; $\Phi(\cdot)$, $\Phi^{-1}(\cdot)$ – интеграл вероятности и функция обратная интегралу вероятности.

При этом полагается, что вероятности ложной тревоги во всех каналах обработки принимаются одинаковыми и равными $P_{1F} = P_{2F} = P_{3F} = P_F$.

Второй исход: на входе (a) сигнал присутствует, а на входах (b) и (c) отсутствует. При этом ошибка в виде неопределенности будет, если на одном из входов (d), (e) или (f) сигнал присутствует, а на других входах сигнал отсутствует. В этом случае декодер с равной вероятностью регистрирует либо сигнал $S_1(t)$, либо $S_2(t)$. Явная ошибка будет в случае, когда сигнал присутствует на двух любых или на всех трех входах решающего устройства по каналу обработки сигнала $S_2(t)$. В результате вероятность ошибки будет равна

$$P_{ош2} = 0{,}5P_{2Д}(1 - P_{1Д})(1 - P_{3Д})(3P_F - P_F^3). \quad (5)$$

Третий исход: на входе (b) сигнал присутствует, а на входах (a) и (c) отсутствует. Поскольку сигналы по основным входам (b) и (e) являются приоритетными, то ошибка в виде неопределенности будет только в одном случае, когда присутствует сигнал на входе (e) и отсутствует на

входах (d) и (f). При этом явная ошибка будет при наличии двух или трех сигналов на входе решающего устройства по второму каналу обработки. В результате вероятность ошибки в данном исходе будет равна

$$P_{ош\,3} = 0{,}5P_{1Д}P_F(1-P_{2,3Д})^2(1+4P_F-3P_F^2)\,. \qquad (6)$$

Четвертый исход: на входе (c) сигнал присутствует, а на входах (a) и (b) отсутствует. Возникновение ошибки в данном случае полностью повторяет ситуацию второго исхода. В результате вероятность ошибки будет равна

$$P_{ош\,4} = 0{,}5P_{3Д}(1-P_{1Д})(1-P_{2Д})(3P_F-P_F^3)\,. \qquad (7)$$

Пятый исход: на входах (a) и (b) сигнал присутствует, а на входе (c) отсутствует. Ошибка в виде неопределенности будет в случае наличия сигналов на входах (d) и (e) или на входах (e) и (f), а явная ошибка будет иметь место при наличии сигналов на всех трех входах (d), (e) и (f). В результате вероятность ошибки будет равна

$$P_{ош\,5} = P_{1Д}P_{2Д}(1-P_{3Д})P_F^2\,. \qquad (8)$$

Шестой исход: на входах (b) и (c) сигнал присутствует, а на входе (a) отсутствует. Ситуация возникновения ошибки в данном исходе повторяет ситуацию пятого исхода, в результате вероятность ошибки будет равна

$$P_{ош\,6} = P_{1Д}P_{3Д}(1-P_{2Д})P_F^2\,. \qquad (9)$$

Седьмой исход: на входах (a) и (c) сигнал присутствует, а на входе (b) отсутствует. В этом случае ситуация неопределенности будет иметь место при наличии сигналов на входах (d) и (f). В других случаях попарного наличия сигналов, или наличия сигналов на всех входах решающего устройства по второму каналу обработки, будут иметь место явные ошибки, в результате итоговая вероятность ошибки будет равна

$$P_{ош\,7} = 0{,}5P_{2,3Д}^2P_F^2(1-P_{1Д})(5-3P_F)\ . \qquad (10)$$

Восьмой исход: сигналы присутствуют на входах (a), (b) и (c). При этом ошибка в виде неопределенности возможна при наличии сигналов на всех трех входах (d), (e) и (f) второго канала, которая будет равна

$$P_{ош\,8} = 0{,}5P_{1Д}P_{2,3Д}^2P_F^3\,. \qquad (11)$$

3. Результирующая вероятность ошибки

Результирующая вероятность ошибки в приеме сигнала $S_1(t)$ будет равна сумме частных вероятностей ошибок по всем исходам:

$$P_{ош}(a_1,...,a_n;t_1,...,t_n)=\sum_{i=1}^{8}P_{ош\,i}(a_1,...,a_n;t_1,...,t_n)\,. \qquad (12)$$

Для получения средней вероятности ошибки необходимо выражение (12) усреднить по всем изменениям случайных параметров модели частотно-селективных искажений:

$$\overline{P}_{ош}=\int_{a_1}...\int_{a_n}\int_{t_1}...\int_{t_n}P_{ош}(a_1,...,a_n;t_1,...,t_n)\,W(a_1,...,a_n;t_1,...,t_n)da_1...da_n dt_1...dt_n\,. \qquad (13)$$

где $W(a_1,...,a_n;t_1,...,t_n)$ – совместная плотность вероятности случайных параметров модели (1), имеющих равновероятные распределения в заданных интервалах.

Вероятность ошибки (13) определяет помехоустойчивость (качество) приема информации по каналу с частотно-селективными искажениями на фоне флюктуационного шума при пороговом принятии решения.

4. Результаты исследования

В соответствии с выражением (13) для сигнала гауссовской формы и полигармонической модели частотно-селективных искажений при $n=N=3$, рассчитаны и построены характеристики зависимости средней вероятности ошибки распознавания двоичных сигналов от начального отношения сигнал-шум, которые представлены на рис. 2. При этом параметры модели частотно-селективных искажений изменялись в следующих пределах: a_i от 0,2 до 1 с шагом 0,1; t_i / T_c от 0,25 до 1 с шагом 0,05.

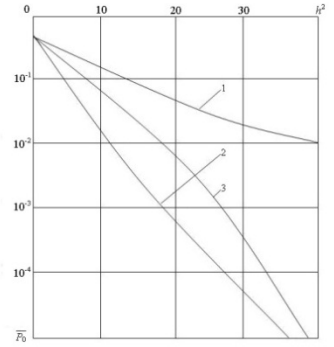


Рис. 2. Зависимость средней вероятности ошибки распознавания двоичных сигналов от отношения сигнал-шум

На данном рисунке характеристика 2 соответствует случаю отсутствия искажений и, следовательно, является потенциально-возможной. Характеристика 1 отображает помехоустойчивость оптимального приемника распознавания сигналов только на фоне белого шума, но при наличии искажений.

Характеристика 3 соответствует разработанному алгоритму порогового принятия решения с вероятностью ложной тревоги в каждом частном решающем пороговом устройстве $P_F = 10^{-3}$.

Анализ результатов, представленных на данном рисунке свидетельствует, что использование классической схемы распознавания сигналов в условиях частотно-селективных искажений без какой-либо их нейтрализации (характеристика 1) приводит к существенному снижению помехоустойчивости по сравнению со случаем отсутствия искажений (характеристика 2).

Так, например, при $h^2 = 30$ и отсутствии искажений вероятность ошибки составляет $\overline{P}_{ош} = 8 \cdot 10^{-5}$, тогда, как при наличии искажений вероятность ошибки возрастает до величины $\overline{P}_{ош} = 3 \cdot 10^{-2}$. Использование алгоритма приема с пороговым принятием решения (характеристика 3) значительно нейтрализует частотно-селективные искажения. Так, например, при $h^2 = 15$ выигрыш по вероятности ошибки этой схемы (характеристика 3) по сравнению с классической схемой распознавания сигналов (характеристика 1) составляет 5 раз, а при $h^2 = 30$ этот выигрыш составляет 75 раз, что свидетельствует о высокой эффективности данного способа распознавания сигналов.

Заключение

Разработан способ и соответствующий алгоритм распознавания двоичных информационных сигналов в условиях частотно-селективных искажений на фоне белого шума с получением аналитических выражений для расчета соответствующих характеристик помехоустойчивости. Полученные результаты могут быть использованы как при модернизации существующих, так и при создании перспективных высокоскоростных систем связи, обладающих повышенной эффективностью функционирования в условиях сложной помеховой обстановки.

Список литературы

1. Финк, Л. М. Теория передачи дискретных сообщений / Л. М. Финк. – М.: Сов. радио, 1970. – 728 с.

2. Способ обнаружения искаженных импульсных сигналов [текст]: пат. 2425394 Российская Федерация: МПК G01S 7/292 / Евстафиев А.Ф., Евстафиев Ф.А.; заявитель и патентообладатель Воронеж: военный авиационный инженерный университет. – № 2009108882/09; заявл. 10.03.09; опубл. 27.07 2011. Бюл. №21. – 3с.

Разработка специального программного обеспечения стеганографического скрытия информации в аудиофайлах

В. П. Жуматий, email: vyachzh@mail.ru [1]
Д. И. Денисенко, email: seosprint7777@gmail.com [1]
Е. В. Чернышова, email: Elenabok@mail.ru [2]

1 ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
2 ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. *В данной работе рассматривается разработка специального программного обеспечения для стеганографического скрытия информации в аудиофайлах и ее извлечения. В разработанном программном обеспечении осуществлено встраивание текстовой информации в аудиофайлы путем реализации стеганографического метода наименее значащих битов. Произведена оценка функционирования программы в сравнении с известными аналогами.*

Ключевые слова: *стеганография, аудиофайл, метод наименее значащих битов.*

Введение

В связи с постоянным ростом объемов информации, передаваемой в современных информационных системах, возникают вопросы оперативности и безопасности передачи конфиденциальной информации с использованием открытых каналов связи таким образом, чтобы злоумышленники не смогли получить к ней доступ.

Наряду с криптографическими методами защиты информации широко применяются методы цифровой стеганографии, позволяющие скрытно внедрять необходимую информацию в цифровой объект и передавать его абоненту. Одним из вариантов использования стеганографического преобразования является скрытое встраивание информации в аудиофайлы [1,2].

Как показывает анализ известных программных продуктов, на данный момент существует небольшой выбор программного обеспечения, реализующего скрытое встраивание информации в аудиофайлы, например, DeepSound и OpenPuff. Большая часть известных программ имеет коммерческий характер, закрытый исходный код и не реализует необходимого уровня скрытия информации.

© Жуматий В.П., Денисенко Д.С., Чернышова Е.В., 2020

Основная часть

Целью работы является создание собственного специального программного обеспечения (СПО), выполняющего необходимые функции с требуемым качеством встраивания и надежности. Учитывая вышеперечисленное, тема работы является своевременной и актуальной.

СПО должно обладать следующим функционалом:

– внедрение секретного сообщения в аудиофайлы, используя популярный формат аудиоданных WAV в качестве стеганографического контейнера;

– обнаружение/изъятие сокрытой информации из заполненного стеганографического контейнера;

– практичное применение аудиофайлов, полученных на выходе приложения (отправка по почте, через популярные соц. сети).

К ограничениям разрабатываемого приложения можно отнести:

– ограничение на использование форматов аудиофайлов, единственный формат - формат WAV;

– ограничение на размер скрываемой информации, в виду ограниченности естественной избыточности исходного контейнера.

Для разработки СПО в качестве языка программирования выбран язык высокого уровня Python версии 3.7. Для разработки скрипта и подключения к нему необходимых модулей выбран дистрибутив Anaconda, так как он позволяет использовать Python вместе со всеми его математическими пакетами.

СПО обладает кроссплатформенностью и тестировалось на операционных системах Windows 7, 8, 10, а также операционной системе Linux. Так же необходимым математическим пакетом для реализации СПО является пакет Numpy.

В разработанном СПО реализовано встраивание информации в аудиофайлы формата WAV методом замены наименее значимых бит (НЗБ).

Алгоритм функционирования СПО включает следующие этапы:

– формирование секретного сообщения, в данном случае это текстовый файл file.txt;

– выбор аудиофайла необходимого формата, который будет выполнять роль контейнера;

– проверка возможности встраивания, а именно – соответствие форматов исходных данных и проверка максимального объема встраивания информации;

– выполнение функции (hide_data), которая будет реализовать встраивание данных по методу замены наименее значимых бит, при этом до ее выполнения нужно задать все параметры, которые определяет выбранный метод;

– выполнение функции извлечения данных (recover_data) для проверки работы алгоритмов встраивания, а также для получения информации из аудио на приемной стороне.

Специальное программное обеспечение может быть использовано в консольном и графическом режимах.

При работе в консольном режиме необходимо вручную ввести все входные данные с необходимыми параметрами (рис. 1).

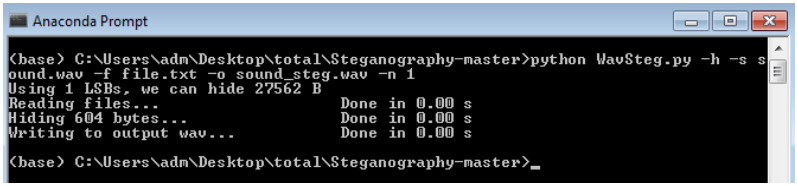


Рис. 1. Консольный режим программного обеспечения

Пользователь должен ввести имена входных файлов, а именно, аудиофайла, который будет служить контейнером и текстового файла, содержащего данные, которые в дальнейшем будут встраиваться в этот аудиофайл, а также следует указать все необходимые для преобразований параметры.

При запуске СПО в графическом режиме откроется окно (рис. 2).

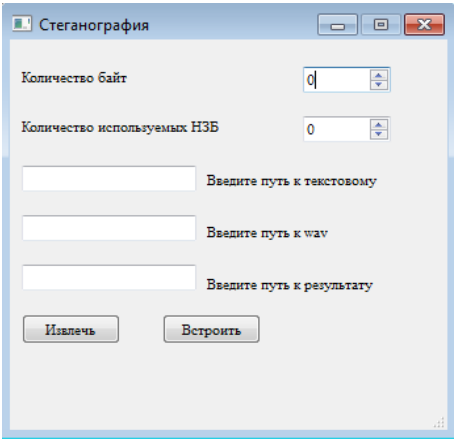


Рис. 2. Окно программного обеспечения в графическом режиме

В нем необходимо ввести пути к входным и выходным файлам, указать сколько информации будет скрываться и извлекаться, а также

уточнить количество наименее значимых бит, которые будут использоваться для сокрытия информации.

Следует отметить, что при увеличении числа используемых бит объем максимально возможной для встраивания информации будет расти, но и качество выходного аудиосигнала будет пропорционально ухудшаться.

Подготовленный документ с передаваемыми сведениями представлен на рис.3.

Рис. 3. Фрагмент окна программы с подготовленным документом с передаваемыми сведениями

Нажатием кнопки «*Встроить*» формируется аудиофайл sound_steg.wav, со встроенной информацией (рис. 4, 5).

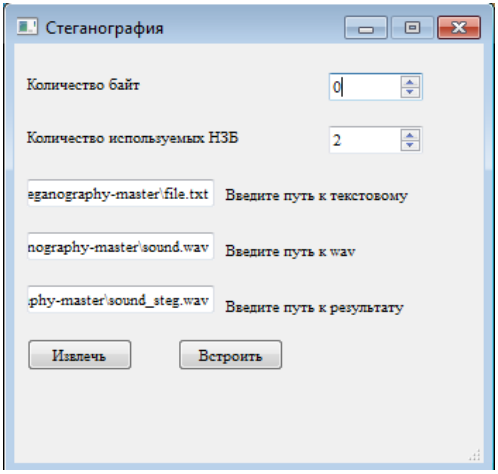


Рис. 4. Окно программы для ввода параметров

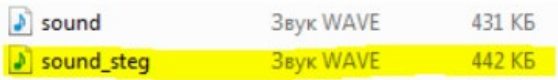


Рис. 5. Окно программы с видом сформированного аудиофайла

Для выполнения обратного процесса преобразования необходимо сменить параметры (рис. 6). После нажатия кнопки «*Извлечь*» формируется текстовый файл с извлеченной информацией.

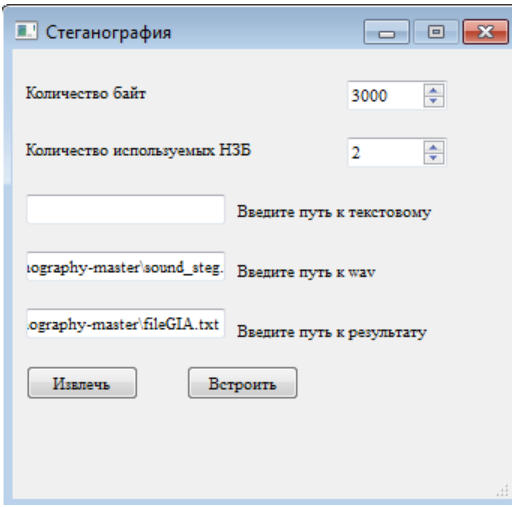


Рис. 6. Окно программы с параметрами для извлечения

Для оценки эффективности разработанного специального программного обеспечения для стеганографического скрытия информации произведено сравнение качества встраивания при помощи спектрограммы исходного файла, результирующих файлов разработанного специального программного обеспечения и известных аналогов – программ DeepSound и OpenPuff.

Сравнение полученных искажений аудиоконтейнера производилось при изменении количества кодируемых младших заменяемых бит.

На рис. 7 и 8 представлены распределения амплитуд пустого контейнера-сигнала длительностью 5 секунд и аудиоконтейнера, заполненного текстовой информацией в 500 символов с кодированием одного бита. Визуально по графикам спектров видна разность амплитуд пустого и заполненного контейнера. При анализе полученных результатов заметно небольшое искажение, вызванное заменой одного

бита. Однако величина разности амплитуд по сравнению с амплитудами заполненного и пустого контейнера незначительна, особенно на слух.

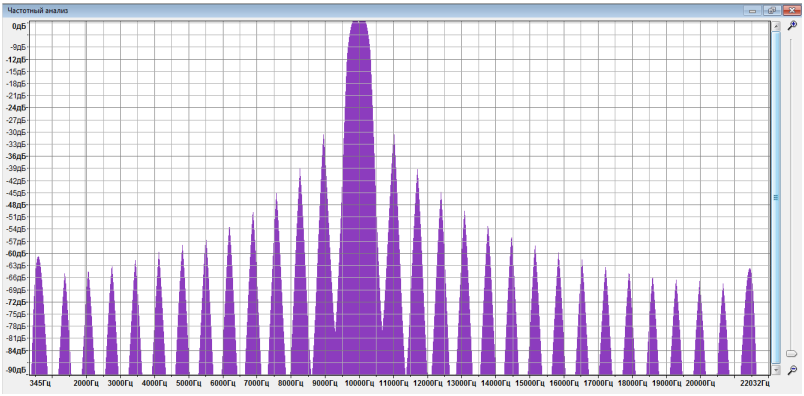


Рис. 7. Распределение амплитуд при кодировании одного бита (пустой контейнер)

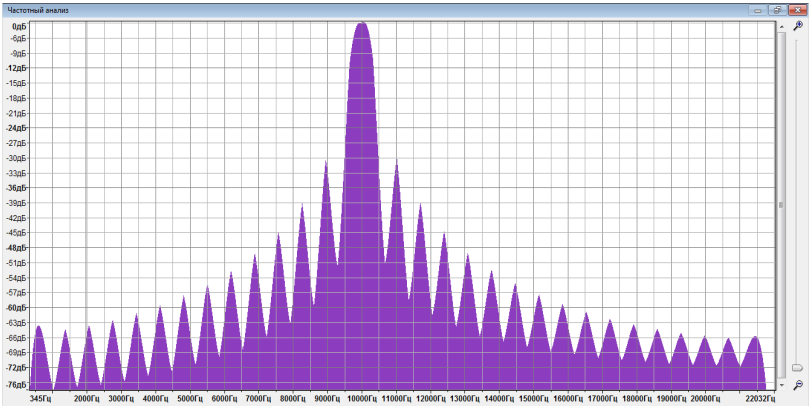


Рис. 8. Распределение амплитуд при кодировании одного бита (заполненный контейнер)

При увеличении количества бит до двух получены результаты, представленные на рис. 9 и 10.

Несмотря на то, что при оценке контейнеров на слух, для обычного человека разница практически не заметна, на графиках можно отметить более значительное искажение исходного контейнера. Заметно

увеличение искажений. Из графика также можно сделать вывод о занимаемом сокрытым сообщением пространстве в контейнере.

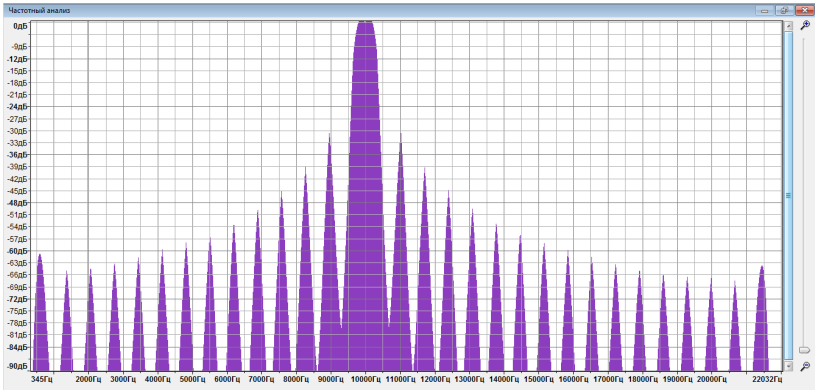


Рис. 9. Распределение амплитуд при кодировании двух битов (пустой контейнер)

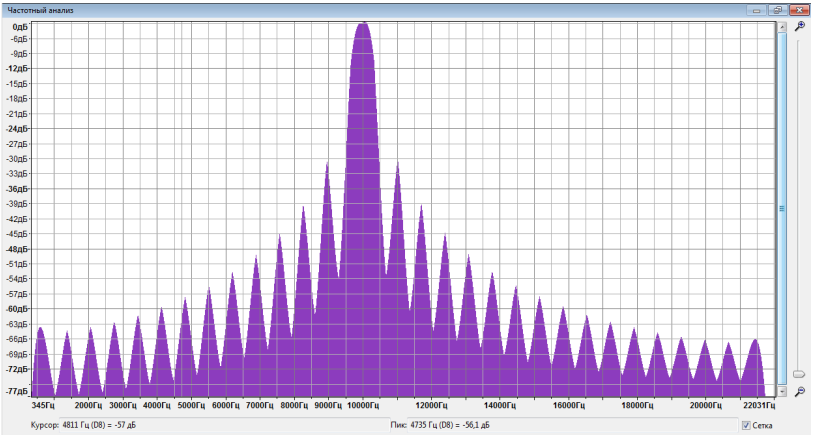


Рис. 10. Распределение амплитуд при кодировании двух битов (заполненный контейнер)

При увеличении количества битов для встраивания до четырех наблюдаются более значительные искажения контейнера.

Следует отметить, что при использовании контейнера длительностью 5 секунд и объемом 441 044 байтов сокрытое сообщение (500 символов) занимает лишь небольшую часть контейнеров, таким

образом, подобные контейнеры могут быть использованы для сокрытия больших объемов информации.

Экспериментально установлено допустимое соотношение объемов аудиоконтейнера и скрываемой текстовой информации - 4.8% (при допустимом соотношении для метода НЗБ 8%).

Производилось сравнение с аналогичными программными продуктами DeepSound и OpenPuff. При этом использовалось сообщение длиной в 5000 символов и аудиоконтейнер объемом 1.2 Мб. Стоит отметить, что при анализе разработанного СПО использовался метод НЗБ с использованием 1 бита.

Сравнение качества встраивания информации разработанного СПО и программ DeepSound и OpenPuff позволило получить следующие результаты (рис. 11 -14).

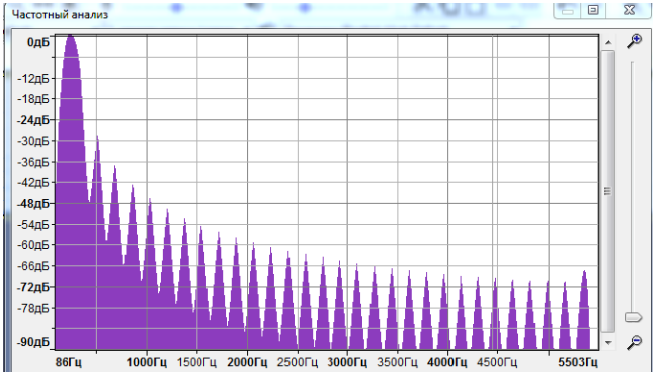


Рис. 11. Спектрограмма исходного файла СПО

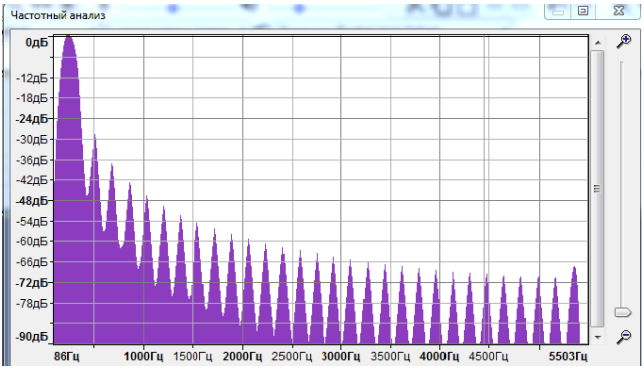


Рис. 12. Спектрограмма результирующего файла СПО

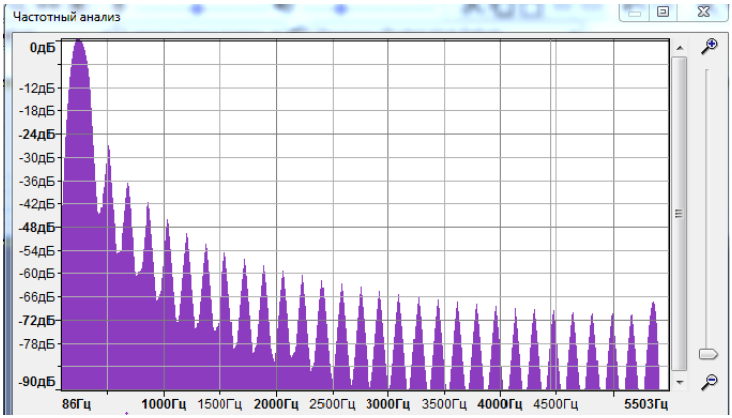


Рис. 13. Спектрограмма результирующего файла программы DeepSound

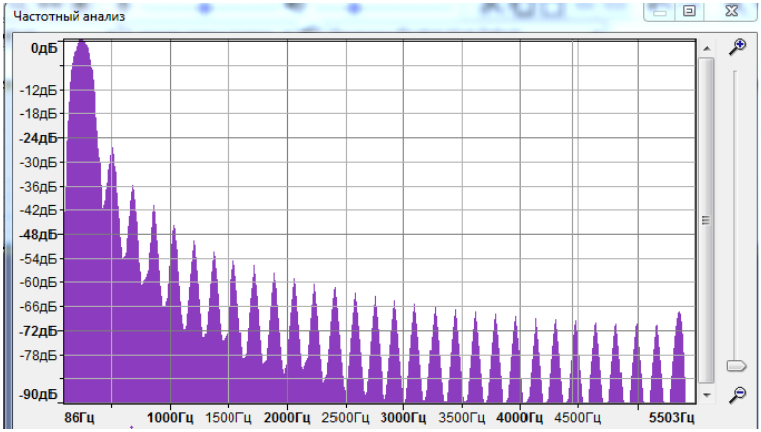


Рис. 14. Спектрограмма результирующего файла программы OpenPuf

Как видно из графиков разработанное СПО вносит незначительное искажение в аудиофайл, хотя наблюдается наличие заполнения стегоконтейнера при сравнении с исходным файлом. Программа DeepSound также вносит незначительные изменения в исходный файл, но отмечается повышение амплитуды исходного сигнала, что может насторожить при проведении стегоанализа. На слух значительных искажений не отмечалось.

Программа OpenPuff производит значительные изменения амплитуды исходного файла, создавая небольшие шумы. Стоит отметить, что функции декодирования рассмотренных программных продуктов не обнаружили факт встраивания информации при использовании предлагаемого СПО.

Заключение

Таким образом разработанное специальное программное обеспечение позволяет повысить качество стеганографического встраивания информации в аудиофайлы. В дальнейшей перспективе СПО может быть модифицировано за счет добавления в алгоритм возможности криптографической защиты встраиваемых данных.

Список литературы

1. Грибунин, В.Г. Цифровая стеганография / И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – М.: Солон-Пресс, 2009. – 272 с.

2. Аграновский, А.В. Стеганография, цифровые водяные знаки и стегоанализ: монография / Балакин А.В., Грибунин В.Г. - Вузовская книга, 2009. – 220 с.

Разработка алгоритма маскирования структуры IP-сети от сетевой разведки

Г. Ю. Казьмин, email: maslovskij.98@mail.ru
С. С. Доронин, email: 1doronin.sklf@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье приведены результаты исследования известных способов обеспечения структурной скрытности информационных систем, позволяющие выявить присущие им недостатки и перейти к непосредственной разработке алгоритма, обеспечивающего повышение защищенности структуры информационных систем от сетевой разведки, а также введение в заблуждение нарушителя относительно параметров структуры рассматриваемых систем.*

Ключевые слова: *структурная скрытность, IP-сеть, несанкционированное воздействие, информационный поток, пакет сообщений.*

Введение

В известных способах защиты при обнаружении несанкционированных воздействий (НСВ), как правило, только блокируют поступающие от нарушителя пакеты сообщений [1-5]. В этих случаях нарушитель предпринимает попытки других воздействий на информационную систему (ИС), что в свою очередь требует принятия мер по повторному выявлению и пресечению новых попыток нарушителя. Это может привести, в конечном счете, к истощению ресурса системы защиты или к достижению нарушителем возможности ее «обхода» [6-10]. Кроме того, ИС способна обработать лишь ограниченное количество пакетов сообщений за единицу времени без переполнения буфера обмена или же снижения качества обслуживания заявок. Поэтому увеличение интенсивности поступающих несанкционированных информационных потоков (ИП) с одного IP-адреса или множества IP-адресов, может привести к реализации атаки типа «отказ в обслуживании» (Denial of Service, DoS) или же распределенной атаки типа «отказ в обслуживании» (Distributed Denial of Service, DDoS) соответственно.

© Казьмин Г. Ю., Доронин С. С., 2020

1. Сущность алгоритма защиты

Анализ известных способов защиты ИС [11-14] показал, что они обладают относительно низкой результативностью защиты от несанкционированных воздействий, признаками наличия, которых являются несанкционированные ИП; узкой областью применения способов защиты и относительно низкой результативностью в условиях НСВ.

Способ защиты, выбранный в качестве прототипа для разрабатываемого алгоритма устраняет некоторые из недостатков аналогов и обеспечивает более высокую защищенность ИС от НСВ за счет имитации ложных абонентов ИС и сеансов их связи, а также за счет имитации снижения качества канала связи [15-21]. Имитация снижения качества канала связи достигается снижением скорости информационного обмена с отправителем несанкционированных ИП, фрагментацией пакетов сообщений, задержкой отправки пакетов сообщений и снижением качества обслуживания путем блокирования передачи некоторых имитированных пакетов сообщений.

Недостатками способа-прототипа являются относительно низкая результативность защиты вычислительных сетей и узкая область применения способа защиты. Низкая результативность защиты обусловлена тем, что в прототипе увеличение интенсивности несанкционированных информационных потоков и сохранение заданного времени задержки отправки ответных пакетов сообщений отправителю приведет к перегрузке ИС. Узкая область применения обусловлена тем, что для реализации способа защиты в прототипе скорость информационного обмена с отправителем несанкционированных информационных потоков снижается только со стороны ИС, то есть в одностороннем порядке, и не учитывают возможность отправителя разорвать соединение [22-25]. Уменьшение значения заданного времени задержки отправки ответных пакетов сообщений отправителю пропорционально увеличению интенсивности несанкционированных информационных потоков с целью избежать перегрузки ИС приведет к росту скорости информационного обмена с отправителем несанкционированных информационных потоков, то есть к регрессии (деградации) основного качества способа-прототипа.

Целью нового технического решения является разработка и реализация с применением программного обеспечения алгоритма защиты ИС, обеспечивающего повышение результативности защиты и введение в заблуждение нарушителя относительно структуры ИС [26-28] за счет учета максимального количества принятых от отправителя и необработанных пакетов сообщений, которое может

обработать ИС без перегрузки, удержания в двухстороннем порядке соединения с отправителем пакетов сообщений при увеличении интенсивности несанкционированных информационных потоков, и блокирования попыток отправителя разорвать соединение.

На рисунке представлена блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный алгоритм защиты.

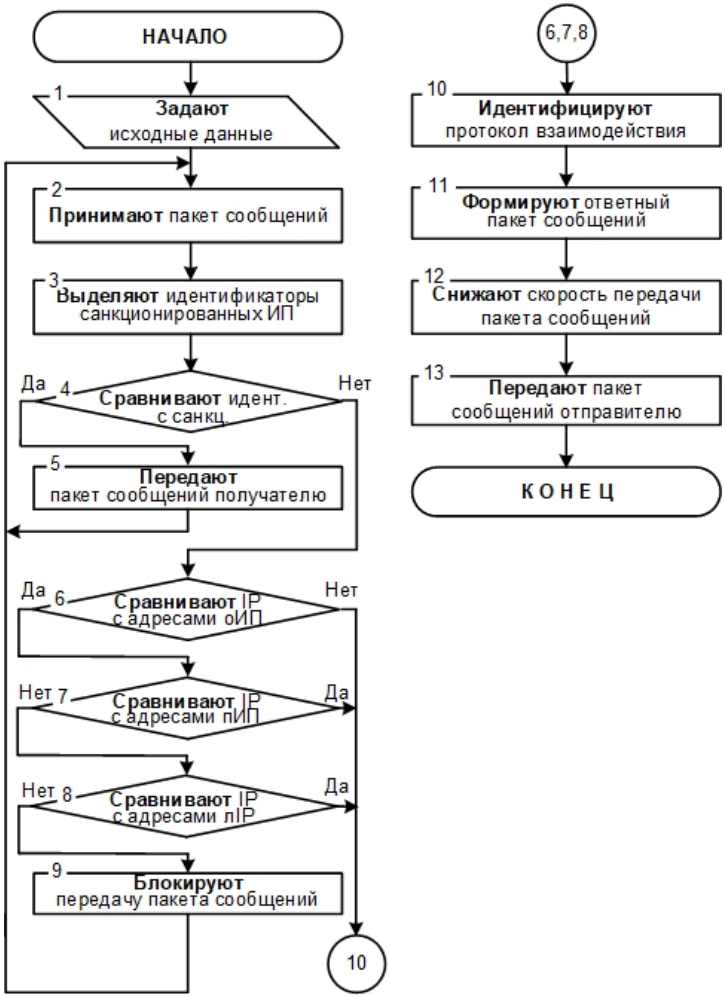


Рисунок. Блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный алгоритм защиты

Результативность разработанного алгоритма была проверена путем создания макета программного комплекса и проведения натурного эксперимента. Данный макет программного комплекса разработан с использованием языка программирования Python 3.3. В связке с Python использовалась низкоуровневая утилита Scapy, позволяющая организовать межсетевое взаимодействие поверх стека TCP/IP операционной системы. Scapy является инструментом для работы с сетью и проведения исследований в области информационной безопасности, фактически является стандартом де-факто при манипуляции сетевыми пакетами. Для разработки пользовательского была использована кроссплатформенная библиотека Qt4.

Пользовательский интерфейс разработанного программного макета позволяет отображать основную группу параметров: «номер» – индекс сетевого соединения; «отправитель» – идентификатор информационного потока отправителя (IP-адрес отправителя); «получатель» – идентификатор информационного потока получателя (IP-адрес получателя); «статус» – статус сетевого соединения потока. В зависимости от того, к какому типу относится идентификатор информационного потока (IP-адрес) статус сетевого соединения может принимать следующие значения:

«разрешен» – выделенные идентификаторы сетевого потока совпадают с предварительно заданными опорными идентификаторами санкционированных информационных потоков;

«заблокирован» – выделенные идентификаторы не совпадают как с предварительно заданными опорными идентификаторами санкционированных информационных потоков, так и с предварительно заданными ложными адресами абонентов вычислительной сети;

«фрагментирован» – выделенные идентификаторы совпадают с предварительно заданными ложными адресами абонентов вычислительной сети (разбиение и упаковка исходного сформированного пакета сообщений в новые пакеты со своим собственным IP-заголовком, значения полей которого копируются из исходного сформированного пакета сообщений и передаются с заданной задержкой);

«изменение размера TCP-окна» – в случае превышения максимального количества необработанных пакетов, для каждого нового получаемого сообщения формируется ответный пакет сообщений с установленным значением поля «размер окна» в TCP-заголовке, затем для удержания соединения с отправителем пакетов сообщений устанавливают данное поле равным нулю и с целью блокирования попыток отправителей пакетов сообщений разорвать соединение

включается игнорирование входящих пакетов с установленными флагами FIN и URG в TCP-заголовке.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного эксперимента были выявлены все типы информационных потоков в соответствие с описанными ранее статусами сетевого соединения. Дальнейшее развитие исследований в рассматриваемой предметной области будет связано с необходимостью оценки с помощью программного обеспечения сравнительной структур IP-сетей, через которые ретранслируется трафик, и управления безопасными маршрутами, связанное с необходимостью исключать из структуры сети потенциально опасные сегменты.

Список литературы

1. Sokolovsky, S. P. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Information Systems and Computer Modeling : selected papers of the XIX International scientific and methodological conference "Information Systems and Computer Modeling" (Voronezh, 14-15 February 2019). – Voronezh, 2019. – P. 639-643.
2. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.
3. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20-21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 47-52.
4. Соколовский, С. П. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / С. П. Соколовский, Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.
5. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / С. П. Соколовский [и др.] // Технические и технологические системы : сб. тр. участников IX Междунар. научной конф. "Технические и технологические системы" (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117-121.
6. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации

компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов, С. Л. Катунцев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2018. – № 3. – С. 239-248.

7. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Voprosy kiberbezopasnosty. – 2019. – № 1 (29). – P. 10-17.

8. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / С. П. Соколовский [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

9. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире : сб. тр. участников I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.

10. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : сб. тр. участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447-448.

11. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

12. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : selected papers "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 decenber 2017). – Moscow, 2017. – P. 88-92.

13. Разработка программного обеспечения для оценки бескомпроматности средств сетевой защиты / С. П. Соколовский [и др.] // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XVIII Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы,

методология, технологии" (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 91-96.

14. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.17 ; опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

15. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2680038 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/00, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018101596 ; заявл. 16.01.18 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 22 с.

16. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

17. Соколовский, С. П. Нейросетевая реализация модуля выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения / С. П. Соколовский, А. В. Душкин // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 123-126.

18. Соколовский, С. П. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

19. Соколовский, С. П. Модель функционирования системы распознавания угроз безопасности информационно-телекоммуникационной системе / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, С. В. Скрыль // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – № 12. – С. 167-170.

20. Соколовский, С. П. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр // Информация и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 305-308.

21. Моделирование системы конфликтных взаимодействий в информационной системе критического применения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 4. – С. 74-84.

22. Устройство выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему [Текст] : пат.

2506644 Российская Федерация : МПК G 08 B 29/00, H 04 L 12/22 / Соколовский С. П., Усов Н. А. ; заявитель и патентообладатель Военн. авиационн. инженерн. унив-т. – № 2012109435/08 ; заявл. 12.03.12 ; опубл. 10.02.14, Бюл. № 4. – 10 с.

23. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2682432 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018110755 ; заявл. 26.03.18 ; опубл. 19.03.19, Бюл. № 8. – 33 с.

24. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2686023 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/55, H 04 L 29/06 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018120288 ; заявл. 31.05.18 ; опубл. 23.04.19, Бюл. № 12. – 26 с.

25. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2690749 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 12/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018118912 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 05.06.19, Бюл. № 16. – 25 с.

26. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

27. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 97-102.

28. Соколовский, С. П. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, А. В. Волков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 70-73.

Кластеризация множества оценок координат источников радиоизлучения в многопозиционных радиосистемах методом среднего сдвига

Э. А. Кирсанов, email: ekir74@mail.ru
В. А. Татаринцев, email: twa6791@mail.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», (г. Воронеж)

Аннотация. *Для выявления групп территориально совмещенных источников радиоизлучения в многопозиционных радиосистемах предлагается использовать модифицированный метод «среднего сдвига», учитывающий неоднородность пространства признаков, обусловленную отличием ковариационных матриц оценок координат источников радиоизлучения в различных точках плоскости. Приводятся результаты сравнительного анализа эффективности модифицированного и традиционного методов.*

Ключевые слова: *кластеризация, метод «среднего сдвига», многопозиционная радиосистема.*

Введение

Одной из задач, решаемых на этапе третичной (комплексной) обработки информации в многопозиционных радиосистемах (МРС) является задача кластеризации (автоматической классификации) множества оценок координат источников радиоизлучения (ИРИ) на незаданное число классов с целью выявления групп территориально совмещенных ИРИ [1-3]. Для определения числа классов чаще всего осуществляется перебор и поиск значения, удовлетворяющего некоторому критерию [1, 3]. Классификация координатной информации также может осуществляться на основе нейронной сети конкурентного обучения со штрафом второго победителя [2, 3], числа классов в которой уменьшается в процессе обучения за счет «выталкивания» «лишних» нейронов за пределы классифицируемой выборки. Альтернативным является подход, при котором центры кластеров соответствуют локальным максимумам непараметрической оценки плотности вероятности выборки, поиск которых осуществляется методом «среднего сдвига», предложенным в [4] и ставшим популярным в последнее время при решении задачи сегментации изображений [5]. Однако традиционный метод «среднего сдвига» неприменим для

© Кирсанов Э. А., Татаринцев В. А., 2020

решения указанной задачи из-за неоднородности пространства признаков, обусловленной отличием ковариационных матриц ошибок вычисления координат ИРИ в различных точках плоскости. Поэтому требуется его модификация.

Целью настоящей работы является модификация метода «среднего сдвига» с учетом неоднородности пространства признаков и сравнительный анализ эффективности модифицированного и традиционного методов для угломерной системы местоопределения.

1. Постановка и решение задачи

Пусть по результатам наблюдения присутствующих в зоне ответственности многопозиционной радиосистемы (МРС) групп ИРИ получено неклассифицированное множество векторов первичных параметров положения $\mathbf{\Theta}_k$ и ковариационных матриц ошибок их измерения $\mathbf{K}_{\mathbf{\Theta}_k}$, $1 \le k \le N$. В результате вторичной обработки этой информации формируется множество оценок векторов координат ИРИ $\mathbf{X}_k = (x_k, y_k)^T$ и матриц точности их оценивания (обратных к ковариационным) $\mathbf{C}_k = \mathbf{H}^T(\mathbf{X}_k)\mathbf{K}_{\Theta_k}^{-1}\mathbf{H}(\mathbf{X}_k)$, $1 \le k \le N$, где $\mathbf{H}(\mathbf{X}_k) = \partial \mathbf{h}(\mathbf{X}_k)/\partial \mathbf{X}^T$ – матрица частных производных зависимости параметров положения от координат $\mathbf{\Theta} = \mathbf{h}(\mathbf{X})$. Требуется разделить множество оценок векторов координат ИРИ на Q непустых непересекающихся подмножеств (классов), как можно более точно соответствующих реальным территориально совмещенным группам ИРИ.

Для непараметрической оценки плотности вероятности выборки в произвольной точке $\mathbf{X} = (x, y)^T$ будем использовать выражение

$$\hat{f}_h(\mathbf{X}) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} K_k(\mathbf{X}, h), \tag{1}$$

где

$$K_k(\mathbf{X}, h) = \frac{|\mathbf{C}_k|^{1/2}}{2\pi h^2}\exp\left\{-\frac{1}{2h^2}[\mathbf{X}-\mathbf{X}_k]^T\mathbf{C}_k[\mathbf{X}-\mathbf{X}_k]\right\} \tag{2}$$

– гауссовское ядро с задающим его ширину параметром сглаживания h.

С использованием правил векторного дифференцирования можно показать, что

$$\frac{d\hat{f}_h(\mathbf{X})}{d\mathbf{X}} = \frac{1}{Nh^2}\sum_{k=1}^{N} K_k(\mathbf{X},h)\mathbf{C}_k[\mathbf{X}_k - \mathbf{X}] \quad (3)$$

или

$$\frac{d\hat{f}_h(\mathbf{X})}{d\mathbf{X}} = \frac{1}{Nh^2}\sum_{k=1}^{N} K_k(\mathbf{X},h)\mathbf{C}_k\mathbf{X}_k - \frac{1}{Nh^2}[\sum_{k=1}^{N} K_k(\mathbf{X},h)\mathbf{C}_k]\mathbf{X}. \quad (4)$$

Тогда максимизирующая оценку плотности вероятности выборки точка сдвига определяется выражением

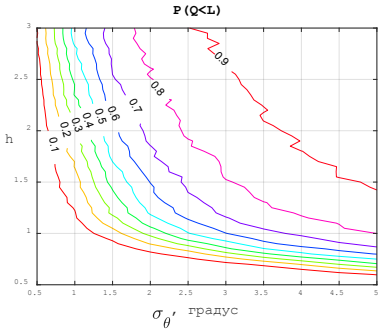
$$\mathbf{m}(\mathbf{X}) = [\sum_{k=1}^{N} K_k(\mathbf{X},h)\mathbf{C}_k]^{-1}\sum_{k=1}^{N} K_k(\mathbf{X},h)\mathbf{C}_k\mathbf{X}_k. \quad (5)$$

Процедура «среднего сдвига» начинает свою работу с каждой точки выборки, циклически перемещаясь во вновь пересчитываемую точку сдвига (5), вплоть до сходимости итерационной процедуры.

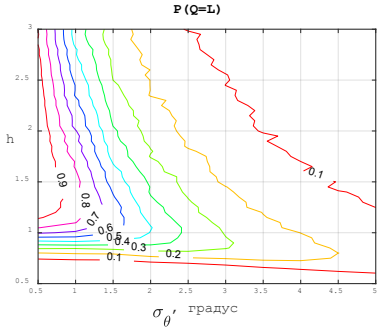
Если в (2) – (5) вместо матриц точности для всех оценок координат ИРИ использовать единичную матрицу, то есть положить $\mathbf{C}_k = \mathbf{I}$, то получим известное выражение для точки сдвига [4, 5]. При этом эффективность как традиционного, так и модифицированного методов «среднего сдвига» зависит от подлежащей подбору ширины ядра h.

2. Результаты моделирования

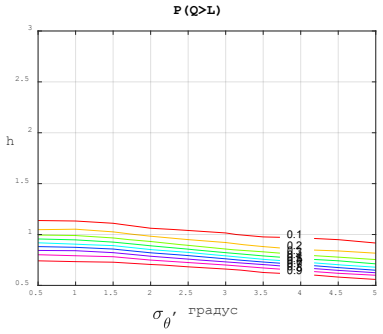
Для оценивания эффективности рассмотренного метода осуществлялось статистическое моделирование результатов работы двухпозиционной угломерной МРС с базой 10 км. Зона ответственности МРС размером 10×10 км располагалась на расстоянии 5 км от линии базы. По равномерному закону генерировалось истинное число групп ИРИ L из интервала 2 – 10. Затем равномерно в зоне ответственности генерировались координаты их центров таким образом, чтобы расстояние между ближайшими центрами было не менее 1 км. Число наблюдений в каждом классе генерировалось по равномерному закону в диапазоне 5 – 15. Для каждого из них генерировались измеренные значения пеленгов со средними квадратическими ошибками (СКО) σ_θ. Оценки координат ИРИ вычислялись как точка пересечения линий пеленгов, а элементы матрицы точности для угломерной МРС – согласно выражений, приведенных в [6]. На рис. 1 и 2 соответственно для модифицированного и традиционного методов «среднего сдвига» приведены линии равных вероятностей занижения (а), правильного определения (б) и завышения (в) числа классов при изменении управляющих параметров (σ_θ, h).



а

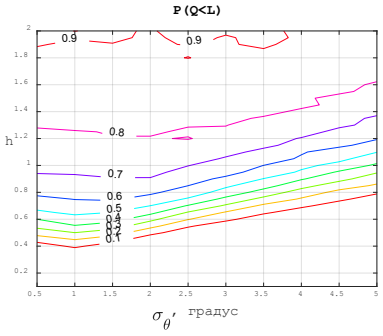


б

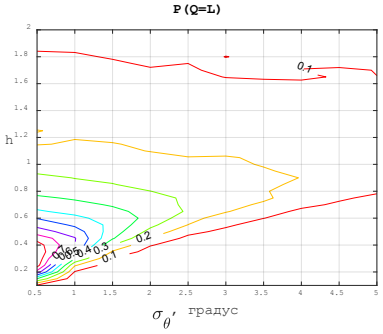


в

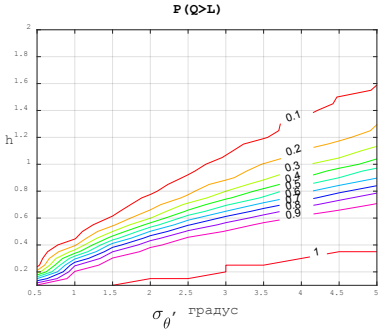
Рис. 1. Линии равных вероятностей занижения (а), правильного определения (б) и завышения (в) числа классов для модифицированного метода «среднего сдвига»



а



б



в

Рис. 2. Линии равных вероятностей занижения (а), правильного определения (б) и завышения (в) числа классов для традиционного метода «среднего сдвига»

Для набора статистики проводилось 3000 испытаний для каждого фиксированного значения параметров σ_θ и h. При этом ошибка измерения пеленга σ_θ изменялась в интервале 0.5 – 5 с шагом 0.5 градусов, а ширина ядра h изменялась для модифицированного и традиционного методов «среднего сдвига» соответственно в интервалах 0.5 – 3 и 0.1 – 2 с шагом 0.05.

На рис. 3 приведены зависимости вероятности правильного определения числа классов от ошибки измерения пеленга для модифицированного (сплошная линия) и традиционного (пунктир) методов «среднего сдвига» при максимизирующих их значениях ширины ядра. Значения ширины ядра h, обеспечивающие максимальную вероятность правильного определения числа классов для каждого фиксированного значения ошибки измерения пеленга, представлены в таблице ниже. Заметим, что для модифицированного метода «среднего сдвига» ширина ядра является безразмерной величиной, а для традиционного метода имеет размерность входных данных.

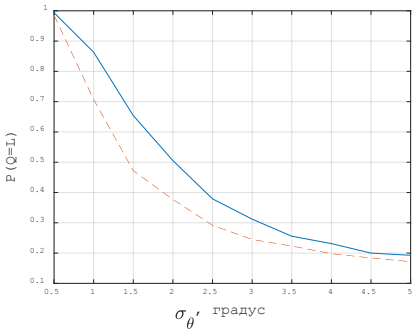


Рис. 3. Зависимости вероятности правильного определения числа классов от ошибки измерения пеленга

Заключение

Анализ полученных результатов свидетельствует о наличии преимущества модифицированного метода «среднего сдвига» перед традиционным. Так, при значении ошибки измерения пеленга 2 градуса за счет учета неоднородности пространства признаков модифицированный метод «среднего сдвига» обеспечивает на 34 % большую вероятность правильного определения числа классов по сравнению с традиционным.

Таблица

Значения ширины ядра h, обеспечивающие максимальную вероятность правильного определения числа классов

Значение СКО измерения пеленга σ_θ, градус	Значение ширины ядра h для метода «среднего сдвига»	
	модифицированного	традиционного
0.5	1.6500	0.3500
1	1.3500	0.4500
1.5	1.1500	0.5500
2	1.0500	0.6000
2.5	1.0000	0.7500
3	0.9000	0.7500
3.5	0.9000	0.9000
4	0.8500	0.9000
4.5	0.8000	1.1000
5	0.7500	1.0000

Список литературы

1. Афанасьев, В. И. Сравнительный анализ возможностей человека-оператора и автоматических алгоритмов классификации координатной информации в режиме самообучения / В. И. Афанасьев, Э.А. Кирсанов, А. А. Сирота // Радиотехника. – 2000. – № 10. – С. 79-85.
2. Кирсанов, Э. А. Выявление групп территориально-совмещенных источников радиоизлучения в многопозиционных радиосистемах на основе самоорганизующейся нейронной сети / Э. А. Кирсанов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2007. – № 10. – С. 70-73.
3. Кирсанов, Э. А. Обработка информации в пространственно-распределенных системах радиомониторинга: статистический и нейросетевой подходы / Э. А Кирсанов, А. А. Сирота. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 344 с.
4. Fukunaga, K. The estimation of the gradient of a density function, with applications in pattern recognition / K. Fukunaga, L. Hostetler // IEEE Transactions on information theory. – 1975. – № 1. – P. 32-40.
5. Comaniciu, D. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis / D. Comaniciu, P. Meer // IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence. – 2002. – № 5. – P. 603-619.
6. Ширман, Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М. : Радио и связь, 1981. – 416 с.

Опыт создания виртуальных лабораторий распределенных систем защиты информации

А. С. Коваль, email: koval@cs.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский Государственный Университет»

Аннотация. *Выступление посвящено опыту проектирования, развертывания и применения сетевой инфраструктуры для проведения исследований и учебных практических занятий в области программно-аппаратных систем защиты информации.*

Ключевые слова: *программно-аппаратные системы защиты информации, крипто-шлюзы, крипто-коммутаторы.*

Введение

Требования законодательства РФ в области защиты информации создало рынок разнообразных программно-аппаратных (ПА) средств, а также методических указаний их применения [1, 2]. Всё это усложняет и без того непростые топологии современных корпоративных сетей. Воссоздать подобные топологии на реальном оборудовании в виде стендов для проведения практических занятий и исследований возможно, но только с большими ограничениями по сложности и количеству. Минимальная тестовая топология должна включать в себя: центр управления/штаб-квартиру, два филиала, компьютер пользователя недоверенной сети «Пользователь Интернет» (рис. 1).

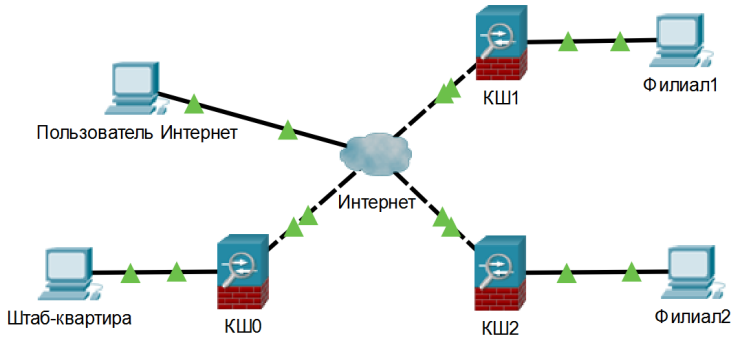


Рис. 1. Минимальная топология

© Коваль А. С., 2020

Опыт организации совместной работы над одним или меньшим количеством стендов, чем количество студентов в группе, в основном, негативный. Во-первых, есть зависимость общего конечного результата от действий каждого, во-вторых сложно равномерно загрузить участников группы, т.к. участки топологии и соответствующие задания имеют разную сложность и время выполнения. Такие совместные занятия полезны для развития коммуникативных навыков важных для работы в команде, но для изучения конкретных технологий нужна регулярная индивидуальная активность.

2. Виртуализация стендов

Решением вышеуказанных проблем в организации учебных и исследовательских топологий может быть виртуализация – создание сетей из виртуальных машин. Этому способствует особенность распространенных ПА СЗИ – применения микропрограмм (прошивок) на основе FreeBSD и Linux. Таким образом, можно создав виртуальную машину, установить на нее соответствующее ПО и получить виртуальный аналог СЗИ. В осеннем семестре 2019 года этот способ был опробован: созданы учебные топологии и проведены лабораторные занятия. Были реализованы топологии со следующими решениями:

1. L3 site-to-site VPN между филиалами и штаб-квартирой;
2. L2 VPN между несколькими подсетями филиалов;
3. L3 VPN с клиентом и сервером удаленного доступа;
4. сетевое экранирование;
5. NAT и публикация внутренних сетевых служб.

В большинстве перечисленных топологий, общая коммуникация между филиалами реализована на центральном маршрутизаторе (рис.2), конечные компьютеры реализованы однотипно и не требуют создания отдельных виртуальных дисков-образов.

На рис. 2 приведена топология для изучения L2-VPN. Очевидная ее особенность в дополнительных рабочих местах филиалов, с помощью которых имитируется наличие двух изолированных подсетей в каждом из филиалов: подсети отдела кадров (О.К.) и подсети бухгалтерии (БУХГ.). Несмотря на то, что L2 требует оборудования другого типа (крипто-коммутаторов), **топологии** для L2-VPN и L3-VPN **практически идентичны**. Отличие – в ПО и конфигурации виртуальных устройств: крипто-коммутаторов КК1 и КК2.

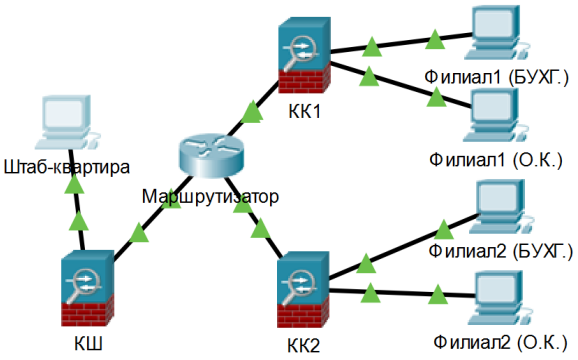


Рис. 2. Топология для изучения L2 VPN

3. Виртуальный стенд на основе 3-х АПКШ «Континент»

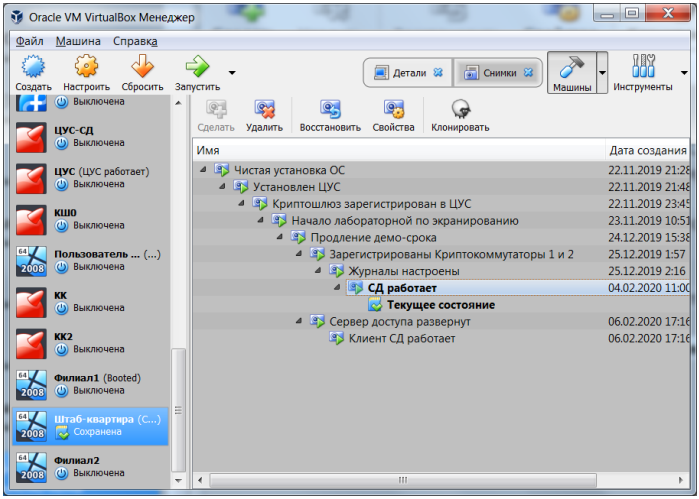


Рис. 3. Дерево снимков состояний ВМ ЦУС

Критериями выбора платформы для виртуальных стендов были:

1. кросс-платформенность: возможность работы в ОС MS Windows и в GNU/Linux);
2. низкая или нулевая стоимость;
3. возможность изоляции сетевых сегментов: необходима поддержка изоляции сегментов стендовой топологии друг от друга и от корпоративной сети ВГУ;

4. возможность создания дерева снимков состояний каждой виртуальной машины (ВМ), создания деревьев снимков;
5. работы с иерархией виртуальных носителей: родительский диск базовой системы и набор уникальных ВМ.

Выбор был сделан в пользу платформы Oracle VirtualBox [3] полностью соответствующей всем критериям.

Виртуальные машины основаны на единственном родительском образе ОС MS Windows Server и представляют собой разного рода модификации (используют дочерние виртуальные диски), в зависимости от положения в топологии. Такими модификациями для центрального маршрутизатора, например, является установка сетевого монитора WireShark, или ПО управления сетью для рабочего места администратора. Крипто-шлюзы, крипто-коммутаторы и серверы доступа реализованы в виде отдельных виртуальных дисков с ОС FreeBSD, т.к. представляют собой готовые изделия компании «Код Безопасности». Для создания этих ВМ были выполнены процедуры стандартной установки «прошивки» на ВМ с загружаемого iso-образа. На рисунке 4 представлены ВМ в процессе работы: консоль управления сетью и FreeBSD-ВМ с ПО «Континент», работающая в качестве крипто-шлюза.

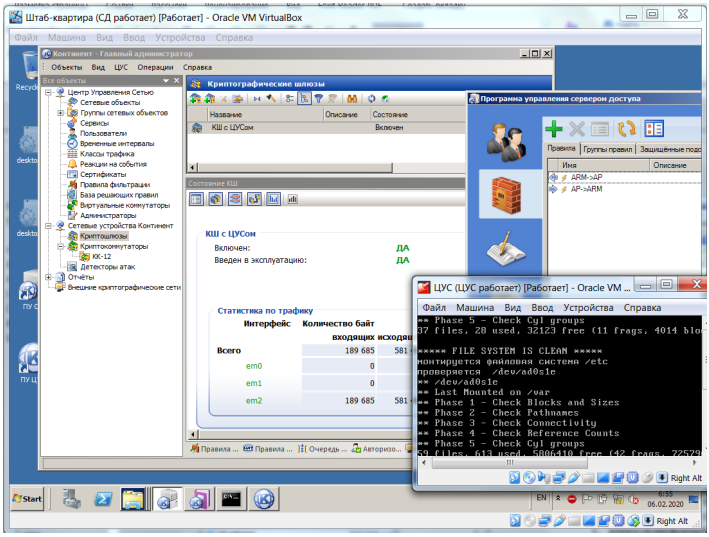


Рис. 4. ВМ рабочее место администратора и КШ Континент

Заключение

В работе рассматривается создание сетевой инфраструктуры для проведения исследований и учебных практических занятий в области программно-аппаратных систем защиты информации. В результате стало возможным проведение исследований и занятий без дорогостоящего оборудования и ограничений на масштаб сети. Планируется дальнейшее усовершенствование виртуальных лабораторий: в частности добавление возможности работы с ключевыми носителями компаний «Актив» и "Аладдин Р.Д.", электронными ключами iButton. Проведение нагрузочных тестов крипто-шлюзов и крипто-коммутаторов.

Литература

1. Аппаратно-программный комплекс шифрования "Континент" [Электронный ресурс] : Сайт АПКШ Континент. – Режим доступа : https://www.securitycode.ru/products/apksh_kontinent

2. Программно-аппаратный шлюз безопасности ViPNet Coordinator HW100 [Электронный ресурс] : Сайт ПАК ViPNet Coordinator HW100. – Режим доступа : https://infotecs.ru/product/vipnet-coordinator-hw100.html

3. Платформа VirtualBox [Электронный ресурс] : Сайт продукта виртуализации VirtualBox. – Режим доступа : https://www.virtualbox.org

Разработка алгоритма управления характеристиками устройств передачи сетевого трафика информационной сети

В. А. Королев, email: korolev_va94@mail.ru
К. А. Каравайцев, email: karawayz@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе рассматривается способ защиты вычислительных сетей, с использованием скрытия идентичности сетевого устройства, передающего пакеты сообщений. В статье приведен алгоритм, позволяющий предотвратить атаки злоумышленника на отдельный хост в результате ведения им сетевой разведки, а также обеспечивающий предотвращение вскрытия структуры защищаемой сети.*

Ключевые слова: *вычислительная сеть, сетевая разведка, сетевая атака, динамическое адресное пространство, идентичность сетевого устройства.*

Введение

Современные технологии сетевой безопасности сосредоточены на защите вычислительных сетей путем разработки надежной защиты внешнего сетевого периметра. Брандмауэры, прокси-серверы, NAT-шлюзы прикладного уровня и даже системы обнаружения вторжений предназначены для предотвращения, запрета и обнаружения доступа внешнего злоумышленника к вычислительной сети. Однако, после того, как злоумышленник все-таки сможет получить доступ к вычислительной сети, внутренние средства защиты будут ограничены в своих усилиях по предотвращению неправильного использования ресурсов резидентной сети. Злоумышленник может использовать данные, содержащиеся в протоколах связи, отображаемые при запросе конечных хостов или при мониторинге обмена данными между хостами для извлечения интересующей его информации. Эта информация может затем использоваться для повышения его способности атаковать эти узлы или службы, находящиеся на них [1-4].

Рассмотрим алгоритм управления характеристиками устройств передачи сетевого трафика информационной сети, называемый динамической защитой с использованием динамической трансляции сетевых адресов внутри сети, который является средством защиты

© Королев В. А., Каравайцев К. А., 2020

вычислительных сетей от атак внешнего злоумышленника. Алгоритм управления осуществляется путем отказа от защиты стационарных адресуемых конечных хостов, предоставления средств для постоянного изменения адреса конечного хоста, а также изменением полей протокола связи. Периодическое изменение полей протокола связи предназначено для предотвращения атаки злоумышленника на какой-либо отдельный хост, поскольку только авторизованные пользователи имеют надлежащую информацию, которая коррелирует с соответствующими отображениями полей протокола [5-7].

В современном информационном обмене приложения между удаленными узлами связи, содержащие IP-адрес и информацию о портах в полезной нагрузке данных, подвергались неблагоприятному воздействию при реализации атаки на устройства преобразования сетевых адресов - NAT. Это происходит из-за того, что даже если исходный IP-адрес или номер порта был изменен, информация в информационном наполнении данных, которая также ссылалась на исходный заголовок, все равно остается неизменной. Это вызывает проблему несовместимости приложений, которая отрицательно сказывается на взаимодействии приложений. Данная проблема может быть решена с использованием шлюзов уровня приложения, которые могут транспонировать информацию в полезную нагрузку данных, поэтому новый заголовок протокола IP и информация о порте взаимодействия будет правильно сформирована, в тоже время корректная работа любого приложения, использующего шифрование данных, не может быть приостановлена с помощью вставки шлюза прикладного уровня [8-13].

1. Сущность способа защиты

Принцип работы алгоритма управления характеристиками устройств передачи сетевого трафика основан на принципе изменения сетевого адреса и полей протокола взаимодействия с течением времени. Параметры, такие как например IP-адрес, сопоставляются с конечными узлами в сети. Конечные узлы представляют хосты или сетевые устройства, расположенные в сети. Узлы, участвующие в процессе управления характеристиками, имеют средства для синхронизации изменений этих параметров, доставки по сети и способны полностью обмениваться данными друг с другом. Периодическое изменение параметров доставки вызывает запутывание злоумышленника с течением времени. Таким образом, потенциальные злоумышленники, пытающиеся получить информацию о хостах или службах, работающих в сети, сталкиваются с множеством динамических параметров, которые понятны только участвующим в информационном обмене узлам [14-16].

Реализация процесса управления характеристиками может быть назначена одним из трех типов: по времени (синхронная), путем опроса или основанная на анализе пакетах/кадрах, циркулирующих в сети. Алгоритм управления может быть реализован как исключительно программный, аппаратный или как программно-аппаратный [17].

При программной реализации разрабатываемый алгоритм может быть реализован на всех участвующих в передачи сетевого трафика рабочих станциях, маршрутизаторах или интерфейсах шлюзов. Таким образом в информационном обмене учувствует специальное программное обеспечение, которое захватывает исходящие потоки пакетов и извлекает необходимую, заранее определенную информацию о выбранных полях протокола. Затем эта информация передается через процесс запутывания, который использует ключ для шифрования случайной последовательности представления исходной информации поля протокола. Информация «измененного» поля затем вставляется в пакет или кадр, из которого она была первоначально извлечена. После пересчета соответствующей информации пакет или кадр затем отправляется по сети. На участвующих в процессе управления узлах также выполняется программный процесс, который отвечает за восстановление и реконструкцию исходного пакета или кадра. Код восстановления - это просто обратная сторона процесса запутывания, который зависит от типа реализуемого управления процессом [18].

Анонимность отправителя и получателя пакетов достигается за счет устранения связи между информацией о местоположении и идентификацией конечного процесса. Поскольку информация об отправителе и получателе может появиться в протоколах транспортного уровня и выше, необходима очистка этих полей. Таким образом, идентификация реального конечного процесса может быть скрыта от наблюдателя сетевого трафика. Кроме того, анализу трафика может препятствовать скрытие конечного получателя, потока и другой информации о трафике в заголовке пакета. Однако существуют ограничения на значения IP-адресов, которые могут быть назначены для маршрутизации [19-22].

Разрабатываемый алгоритм скрывает информацию о местоположении в полях IP-адреса. Помимо полей адреса в IP-заголовке, информация об идентичности и местоположении отправителя и получателя также часто встречается и в протоколах более высокого уровня. Например, имя пользователя можно найти в заголовке MIME «From», конфигурацию компьютера пользователя в заголовках MIME «User-Agent» и адрес электронной почты пользователя в качестве пароля для транзакции FTP-протокола. Такую информация в полезной нагрузке

IP-пакета предлагается очищать путем явного удаления с использованием программной логики, осведомленной о приложении, или путем шифрования. В рассматриваемом алгоритме управления конфиденциальность данных является обязательным условием, если сопротивление анализу трафика DYNAT должно иметь какое-либо значение [23].

Заключение

Таким образом, разработанный алгоритм защиты позволяет предотвратить сбор злоумышленником данных о топологии защищаемой сети, информацию о маршрутизации, доступности сетевых узлов через сетевой экран, информацию о количестве сетевых узлов, а также информацию о предоставляемых услугах этими узлами. Так же, разработанный алгоритм устраняет способность любого злоумышленника, активного, пассивного, внутреннего или внешнего, идентифицировать взаимодействующие объекты путем отслеживания пакетов в защищаемой сети.

Список литературы

1. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Voprosy kiberbezopasnosty. – 2019. – № 1 (29). – P. 10-17.

2. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И. С. Ворончихин [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

3. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире : сб. тр. уч. I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.

4. Ворончихин, И. С. Динамическое изменение структурно-функциональных характеристик информационной системы в целях снижения эффективности сетевой разведки / И. С. Ворончихин // Безопасные информационные технологии: сб. тр. конференции Десятая Междунар. науч.-технич. конф. "Безопасные информационные технологии" (Москва, 3-4 декабря 2019 г.). – Москва, 2019. – С. 81-86.

5. Ворончихин, И. С., Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : сб. тр.

участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447-448.

6. Voronchikhin, I. S. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Information Systems and Computer Modeling : selected papers of the XIX International scientific and methodological conference "Information Systems and Computer Modeling" (Voronezh, 14-15 February 2019). – Voronezh, 2019. – P. 639-643.

7. Информационная безопасность России в сфере науки и техники / Р. В. Максимов [и др.] // Информация и космос. – 2006. – № 4. – С. 94-102.

8. Соколовский, С. П. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / С. П. Соколовский, Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

9. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ. – СПб, 2017. – С. 138-147.

10. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175.

11. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 88-92.

12. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ. – СПб, 2017. – С. 147-154.

13. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Ворончихин И.С. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

14. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2682432 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С.

П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018110755 ; заявл. 26.03.18 ; опубл. 19.03.19, Бюл. № 8. – 33 с.

15. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2686023 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/55, H 04 L 29/06 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018120288 ; заявл. 31.05.18 ; опубл. 23.04.19, Бюл. № 12. – 26 с.

16. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2690749 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 12/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018118912 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 05.06.19, Бюл. № 16. – 25 с.

17. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information Technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 83-87.

18. Maximov, R. V. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information Technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017). – Moscow, 2017. – P. 59-65.

19. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016). – 2016. – С. 431-438.

20. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

21. Максимов, Р. В. Технические средства и методы защиты информации от утечки по техническим каналам на объектах информатизации / Р. В. Максимов, А. Е. Давыдов, О. К. Савицкий. – Санкт-Петербург: НИИ "Масштаб", 2012. – 192 с.

22. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

23. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3 (233). – С. 28-35.

Закраска цифровых изображений с использованием глубоких нейронных сетей

А. В. Куропаткин, email: kuropatkinalex96@gmail.com
А. Ю. Иванков

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Алгоритм закраски реализуется на основе архитектур глубоких сверточных сетей и направлен на оценивание недостающей информации в повреждённых фрагментах изображения. Реализуемые алгоритмы позволят восстанавливать поврежденные участки изображения, благодаря возможности прогнозирования недостающей информации.*

Ключевые слова: *закраска изображения, цифровое изображение, глубокие нейронные сети.*

Введение

Ни для кого не секрет, что в 21 веке мультимедийные технологии является неотъемлемой частью жизни почти каждого человека. Цифровые изображения являются одним из основных источников информации. Люди ежедневно взаимодействуют с ними: делают снимки, скачивают понравившиеся изображения из интернета. Огромное количество изображений в цифровом виде делает невозможных их обработку вручную. Таким образом, алгоритмы автоматического восстановления поврежденных изображений будут становиться все более востребованными.

Цифровое изображение – это представление реального изображения в виде набора чисел, которые могут храниться и обрабатываться компьютером. Для того чтобы преобразовать изображение в числа, оно делится на небольшие области, называемые пикселями. Для каждого пикселя устройство обработки изображений записывает число или набор чисел, которые описывает свойства этого пикселя (интенсивность света), такие как яркость или его цвет. Размер пикселя напрямую связан с детализацией изображения, например, чем меньше пиксель, тем больше детализация. Числа расположены в массиве строк и столбцов – матрице и соответствуют дискретным значениям пикселей в цветовых каналах изображения. Каждое поле в матрице также соответствует определенному месту на изображении.[3]

© Куропаткин А. В., Иванков А. Ю., 2020

Закраска изображений – процесс восстановления потерянных или поврежденных частей изображения путем сбора информации из соседних пикселей. Данный процесс является актуальной и сложной проблемой, поскольку необходимо заполнить информацию поврежденных областей изображения. Восстановленный фрагмент должен быть максимально приближен к оригиналу и визуально сливаться с граничными областями, чтобы результат восстановления был максимально реалистичным. Существует множество способов закраски изображений – от восстановления повреждённых участков изображений и/или видео до удаления выбранных областей. Проблему закраски изображений, в общем случае, можно описать следующим образом:

$$x(i) = \begin{cases} y(i) + n(i), M(i) = 1 \\ u(i), \qquad M(i) = 0 \end{cases} \tag{1}$$

где x, y и n обозначают искаженное изображение, четкое изображение и шум соответственно, i обозначает индекс изображения, u обозначает значения всех других пикселей, искаженных другими факторами, M – двоичный индикатор, который принимает значение 1 в том случае, когда данные не повреждены.

Восстановление четкого изображения является трудной задачей. Многие из существующих алгоритмов [1-3] обычно предполагают, что поврежденные области заранее известны, эффективность этих алгоритмов в основном связана с использованием различных априорных изображений [2, 3]. Однако в большинстве случаев поврежденные области заранее не известны, в таком случае эти алгоритмы не способны решить проблему восстановления.

В последние годы алгоритмы на основе нейронных сетей стали успешно применяться к задаче закраске цифровых изображений. Из-за роста популярности нейронных сетей и интереса к данной области, было принято решение реализовать алгоритм закраски изображений с помощью глубоких нейронных сетей.

Таким образом целью работы является анализ двух архитектур нейронных сетей, их реализация на основе архитектур – Unet и Shift-Net (доработанная Unet архитектура, под задачу закраски изображений), обучение и дальнейшее сравнение эффективности архитектур между собой.

Предлагаемый алгоритм

Как говорилось ранее, наш алгоритм основан на реализации глубоких нейронных сетей.

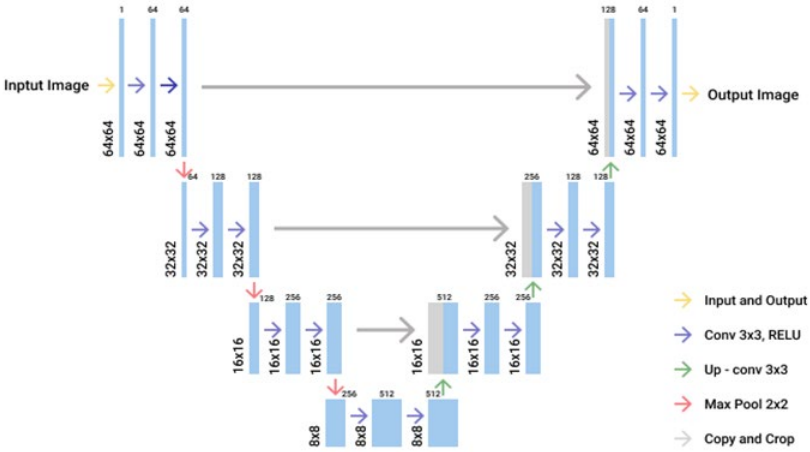


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

Как видно на рис. 1, архитектура первой нейронной сети реализуется на основе сети – Unet, которая изначально создавать для задачи сегментации изображений. Сеть разделена на две основных части и выглядит как буква “U”, которая оправдывает свое название. Нейронная сеть состоит из двух основных частей: сокращающий слой и слой расширения. Каждый блок принимает входные данные, применяет два сверточных слоя 3x3, за которыми следует слои 2x2 max pooling. Количество карт характеристик после каждого блока удваивается. Самый нижний слой является посредником между сокращающим слоем и слоем расширения. Он использует два 3x3 сверточных слоя, а затем слой свертки 2x2. Таким образом, Unet – сквозная полностью сверточная сеть, которая может принимать изображения любого размера. На вход нейронной сети подается цветное изображение с поврежденным участком, на выходе нейронная сеть выдает восстановленное изображение, подобное оригиналу.

Слой расширения, подобно, сокращающему слою состоит из нескольких блоков. Каждый блок передает входные данные двум слоям 3x3, за которыми следует слой повышенной дискретизации 3x3. Так же после каждого слоя число карт объектов, используемых сверточным

слоем, сокращается на половину. Так же каждый раз, к входу добавляются карты объектов соответствующего сокращающего слоя, это гарантирует то, что функции, изученные во время сжатия, будут использоваться во время расширения. Количество блоков сжатия и расширения равны. В конце следует еще один слой 3x3 с количеством карт признаков, равных количеству требуемых сегментов.

В качестве функции потерь использовалась $L2$ Loss Function (LF), которая широко применима в задачах восстановления изображения. Функция $L2$ используется для минимизации ошибки, которая является суммой всех квадратов разностей между истинным значением и прогнозируемым значением. Однако стоит отметить, что данная функция потерь чувствительна к выбросам и может минимизировать их только в единичных случаях.

$$L2 = \sum_{i=1}^{n} (y_{true} - y_{predicated})^2 \quad (2)$$

Предварительные результаты

В этом разделе мы рассмотрим предварительные результаты, полученные после обучения классической архитектуры Unet.

Для генерации обучающей выборки использовалась аугментация данных – увеличение выборки данных для обучения через модификацию существующих данных. Использовались случайные текстовые последовательности от 5 до 25 символов, размером от 15 до 45 пикселей. Times New Roman, Calibri, Arial были взяты в качестве шрифтов, поскольку являются наиболее популярными, в качестве стилей использовались – обычный текст, жирный, курсив.

Для оценки алгоритма использовался dataset – коллекция данных, Urban 100, который широко используется в задачах восстановления изображения. Тестовые изображения генерируются путем взятия одного и того же попиксельного умножения с созданными ранее текстовыми изображениями для тестовой выборки. Реализация нейронной сети основана на библиотеке PyTorch, для обучения использовалась видеокарта Nvidia GTX 1660. Обучающий набор состоял из двух тысяч изображений, набор валидации из 150 изображений. Количество эпох обучения – 40. На изображении ниже, можно увидеть предварительные результаты работы алгоритма.

Рис. 2. Поврежденное изображение

Рис. 3. Изображение после обработки алгоритмом

Заключение

Таким образом, на данный момент была обучена нейронная сеть на основе архитектуры Unet и получены предварительные результаты работы алгоритма закраски изображений. В дальнейшем планируется обучение второй нейронной сети на основе Shift – Net и их сравнение между собой.

Список литературы

1. Bertalmio, M. Image inpainting / G. Sapiro, V. Caselles, C. Ballester // Proceedings of the 27th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive TechniquesComputer graphics (SIGGRAPH). - 2000. - P. 417–424.

2. Roth, S. Fields of experts: A framework for learning image priors / S. Roth, M. Black // In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). - 2005. - V. 2. - P. 860–867.

3. Zoran, D. From learning models of natural image patches to whole image restoration / D. Zoran, Y. Weiss // International Conference on Computer Vision (ICCV). - 2011. - P. 479-486.

Программная реализация алгоритмов восстановления изображений методом цифровой голографии

И.Э. Кусков, e-mail: kuskov.info@gmail.com
П.В. Павлов, e-mail: pavlov.pave@yandex.ru
И.Э. Вольф, e-mail: volfigor@mail.ru
Р.Г. Хобта, e-mail: pashok8208@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *На основе алгоритмов преобразования Френеля, разработано программное обеспечение для исследования процессов восстановления изображения дефектов в структуре полупрозрачных материалов из цифровых голограмм, записанных по осевой схеме Габора.*

Ключевые слова: *компьютерная голография, голограмма, дефект, неразрушающий контроль*

Введение

Цифровая голография – это анализ, синтез и моделирование волновых полей средствами вычислительной техники. Цифровая голография существенно повышает производительность и практичность методов голографии [1].

Благодаря развитию цифровой вычислительной техники и оптоэлектронной элементной базы, метод цифровой голографии становится все более популярным и распространённым в различных сферах диагностики [2,3].

В цифровой голографии существует две основные схемы записи: осевая, внеосевая. Выбор той или иной схемы зависит от решаемой задачи, а также достоинств и недостатков каждой из схем при её решении. Осевая схема используется при работе с прозрачными объектами [4]. Недостатком данной схемы является то, что полученные голограммы с помощью нее имеют низкое качество [5]. Достоинства внеосевой схемы заключается в том, получаемые голограммы имеют качество выше, чем при использовании осевой схемы [6]. Однако недостатком являются высокие требования к механической стабильности и когерентности света [7]. В данной статье используется

© Кусков И.Э., Павлов П.В., Вольф И.Э., Хобта Р.Г., 2020

осевая схема Габора, так как голографические изображения были получены с элементов остекления.

1. Процесс восстановления голограмм

Процесс переноса методов классической голографии на цифровую голографию развивался по двум направлениям: генерация искусственных голограмм с последующим оптическим восстановлением и численное восстановление оптически сформированных голограмм.

Рассмотрим процесс восстановления голограмм. Для численного восстановления голограмм применяют два способа: восстановление изображения с помощью преобразования Френеля (1) и восстановление изображения на основе метода свертки (2):

$$\Gamma(m,n)=\frac{i}{\lambda d}\exp\left[-i\frac{2\pi d}{\lambda}\right]\exp\left[-i\pi\lambda d\left(\frac{m^2}{N^2\Delta x^2}+\frac{n^2}{N^2\Delta y^2}\right)\right]\times$$
$$\times\Im^{-1}\left\{U_h(k,l)U_r{}^*(k,l)\exp\left[-i\frac{\pi\left(k^2\Delta x^2+l^2\Delta y^2\right)}{\lambda d}\right]\right\}. \quad (1)$$

$$\Gamma(\xi,\eta)=\Im^{-1}\left\{\Im\left\{U_h(x,y)U_r{}^*(x,y)\right\}\Im\left\{g(x,y)\right\}\right\}, \quad (2)$$

где

$$g(k,l)=\frac{i\exp\left(-i\frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{d^2+\left(k-N/2\right)^2\Delta x^2+\left(l-N/2\right)^2\Delta y^2}\right)}{\lambda\sqrt{d^2+(k-N/2)^2\Delta x^2+(l-N/2)^2\Delta y^2}}, \quad (3)$$

$m=0,1,\ldots,N-1$; $n=0,1,\ldots N-1$; $\lambda-$ длина волны; $d-$ расстояние между объектной плоскостью и плоскостью голограммы; Δx и Δy – расстояние между пикселями в плоскости голограммы; $n-$ количество пикселей в квадратной голограмме.

Метод свертки является, очевидно, более ресурсоемким, чем непосредственное вычисление интеграла Френеля, так как требует двух Фурье-преобразований вместо одного. Однако важным преимуществом метода свертки является сохранение масштабов изображения при любых достаточно малых расстояниях.

С помощью моделирования процессов цифровой голографии можно производить эксперименты и оптимизацию алгоритмов без сборки голографической установки.

В результате обзора этапов метода цифровой голографии для исследования было выбрано преобразование Френеля, так как оно

просто в реализации и может быть использовано для моделирования различных процессов цифровой голографии. Для исследования методов восстановления голограмм, используя формулы преобразования Френеля, был реализован алгоритм восстановления.

2. Программная реализация экспериментальное восстановление голограмм

Алгоритм восстановления изображения из голограммы состоит из следующих основных этапов:

(a) Применение преобразования Фурье к $U(x, y)$.

(b) Вычисление: $$\exp\left[-i\pi\lambda d\left(\frac{m^2}{N^2\Delta x^2}+\frac{n^2}{N^2\Delta y^2}\right)\right]. \qquad (4)$$

(c) Умножение (a) и (b).

(d) Применение обратного преобразования Фурье к (c).

(e) Получение абсолютного значения комплексного числа от полученного результата (d).

Для моделирования было разработано приложение, которое позволяет производить восстановление изображений из голограмм с помощью преобразования Френеля. Приложение разработано в среде программирования Visual Studio 2015 на языке программирования C#. Главное окно приложения представлено на рис. 1.

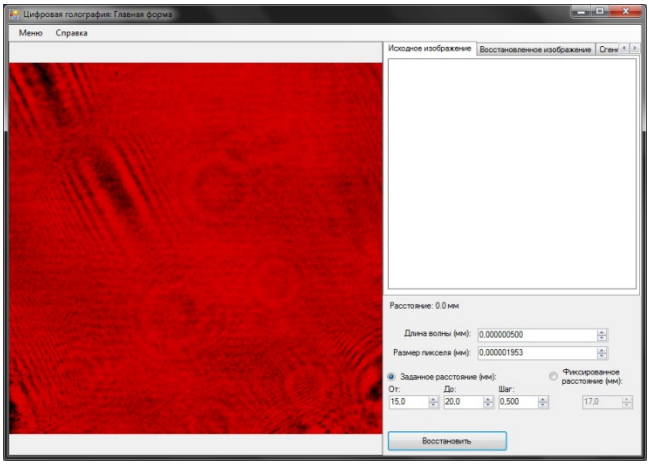
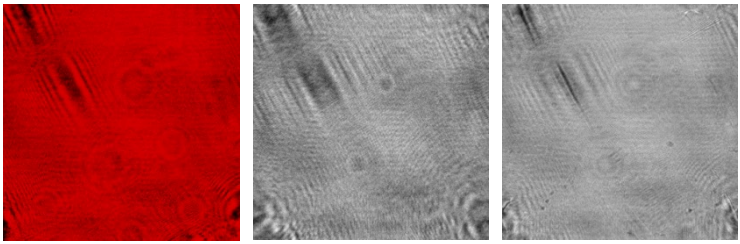


Рис. 1. Главное окно приложения

Для подтверждения достоверности математической модели осевой схемы Габора с помощью разработанного приложения были произведены экспериментальные исследования реализованных алгоритмов. Для восстановления были взяты голографические изображения остекления кабины воздушного судна марки АО-120А.

Для проведения исследований были взяты три голографических изображения, два из них с разрешением 1024×1024 и одно 2000×2000. К каждому из них был применен алгоритм восстановления с различными параметрами. На рис. 2а изображена голограмма, которая была снята с размером пикселя равным 5 мкм на расстоянии от приемника 20 см. На рис. 2б и 2в восстановленные изображения из голограмм на расстоянии 15 см и 30 см соответственно.



а б в

а – голограмма дефекта; б – восстановленное изображение из голограммы на расстоянии 15 см и в – на расстоянии 30 см

Рис. 2. Результаты эксперимента

Используя размер пикселя и расстояние, на котором производилась запись голографических изображений можно определить глубину залегания дефекта и его геометрические параметры. На рисунке 3 представлено восстановленное изображение дефекта на расстоянии 30 см когда наблюдались четкие его очертания и его рассчитанная глубина.

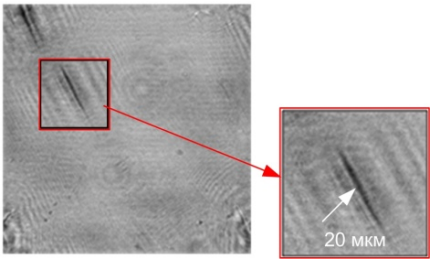


Рис. 3. Восстановленное изображение трещины глубиной 20мкм

Заключение

В ходе исследований разработан программный модуль восстановления голограмм на основе алгоритмов преобразования Френеля, позволяющий определять параметры дефектов, расположенных как на поверхностной, так во внутренней структуре полупрозрачных объектов. Данный программный продукт, может использоваться в качестве инструмента дефектоскопического контроля любых полупрозрачных материалов с применением устройств, принцип действия которых основан на использовании методов компьютерной голографии.

Список литературы

1. Гужов, В. И. Компьютерная голография: монография / В. И. Гужов. – Новосибирск: НГТУ, 2018 – 270 с.
2. Демин, В. В. Методы обработки и извлечения информации из цифровых голограмм частиц и их практическое применение / В. В. Демин, Д. В. Каменев // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2014. – Т. 57. – № 8 – 9. – С. 597-607.
3. Leith, E. N. Reconstructed wavefronts and communication theory / E. Leith, J. Upatnieks // Journal of the Optical Society of America. – 1962. – Vol. 52. – P. 1123-1130.
4. Демин, В. В. Голографические исследования прозрачных микрочастиц / В. В. Демин, С. Г. Степанов // Оптика атмосферы и океана. – 1998. – N 7. – С. 671- 676.
5. Gabor, D. A new microscopic principle / D. Gabor // Nature. – 1948. – Vol. 161. – P. 777-778.
6. Yaroslavsky, L. Digital holography and digital image processing principles, methods, algorithms / L. Yaroslavsky // Kluwer Academic Publisher. – 2004. – 583 p.
7. Современные методы цифровой голографии / С.А. Балтийский [и др.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://optic.cs.nstu.ru/files/Lit/Hologr/Digital/Гуров.pdf

Программный модуль генерации цифровых голограмм

И.Э. Кусков e-mail: kuskov.info@gmail.com
П.В. Павлов e-mail: pavlov.pave@yandex.ru
И.Э Вольф. e-mail: volfigor@mail.ru
А.Р. Степанов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассмотрены пути по созданию программного продута, позволяющего генерировать цифровые голограммы, на основе использования алгоритма преобразования Френеля.*

Ключевые слова: *компьютерная голография, генерация голограмм, преобразование Френеля.*

Введение

Компьютерная голография – это анализ, синтез и моделирование волновых полей средствами вычислительной техники. Благодаря компьютерной голографии существенно повышается производительность и практичность методов голографии [1].

Развитие цифровой вычислительной техники и оптоэлектроники, метод цифровой голографии становится все более популярным и распространённым в различных сферах диагностики [2-4].

Процесс переноса методов классической голографии на цифровую голографию развивался по двум направлениям: генерация искусственных голограмм и численное восстановление оптически сформированных голограмм.

Анализ научной литературы в области применения метода компьютерной голографии показал, что зачастую, в качестве инструмента численного моделирования процесса генерации и восстановления цифровых голограмм используют готовые программные приложения и библиотеки [5, 6], которые защищены производителем от изменений и не позволяют вносить коррективы для модернизации и адаптации к использованию новых алгоритмов обработки изображений. Таким образом, разработка программного модуля генерации цифровых голограмм является актуальной научно-практического задачей.

© Кусков И.Э., Павлов П.В., Вольф И.Э., Степанов А.Р., 2020

1. Разработка программного модуля

Рассмотрим процесс генерации голограмм. Существует два метода: прямой, когда объект, на основе которого формируют голограмму, разбивается на множество точечных источников отраженного света каждый со своей интенсивностью и фазой.

Прямой метод представлен формулой (1):

$$U_s(m\Delta x, n\Delta y) = \frac{i}{\lambda}\sum_{k=0}^{N-1}\sum_{l=0}^{N-1} U_0(k\Delta\xi, l\Delta\eta)\frac{\exp\left(-i\frac{2\pi}{\lambda}D\right)}{D}, \quad (1)$$

где: $m = 0,1,\ldots,N-1$; $n = 0,1,\ldots N-1$; $D = \sqrt{(m\Delta x - k\Delta\xi)^2 + (n\Delta y - l\Delta\eta)^2 + d^2}$; U_0 – комплексная амплитуда объекта в объектной плоскости; λ – длина волны; d – расстояние между объектной плоскостью и плоскостью голограммы; Δx и Δy – расстояние между пикселями в плоскости голограммы; $\Delta\xi$ и $\Delta\eta$ – расстояние между пикселями в объектной плоскости.

Второй метод основан на модификации преобразования Френеля для голографического восстановления. Формула генерации голограмм на основе преобразования Френеля представлена формулой (2):

$$U_s(m\Delta x, n\Delta y) = \frac{i}{\lambda d}\exp\left[-i\frac{2\pi d}{\lambda}\right]\exp\left[-i\pi d\lambda\left(m^2\Delta\nu^2 + n^2\Delta\mu^2\right)\right]\times \quad (2)$$

$$\times\Im^{-1}\left\{U_0(k\Delta\xi, l\Delta\eta)\exp\left[-i\frac{\pi\left(k^2\Delta x^2 + l^2\Delta y^2\right)}{\lambda d}\right]\right\}.$$

Сложность первого метода можно выразить как $O\left(n^4\right)$, где n – количество пикселей в квадратной голограмме. Поэтому для больших голограмм время формирования может быть огромным даже на самых высокопроизводительных системах. Второй способ, благодаря использованию быстрого преобразования Фурье, существенно уменьшает время синтеза голограммы.

Для моделирования был разработан программный продукт, который позволяет производить генерацию голограмм с помощью преобразования Френеля. Приложение разработано в среде программирования Visual Studio 2015 на языке программирования C#. Главное окно приложения представлено на рис. 1.

Для подтверждения достоверности математической модели цифровой голографии и реализованных алгоритмов генерации

голографических изображений необходимо провести экспериментальные исследования. В рамках экспериментальных исследований алгоритм генерации будет протестирован с помощью алгоритма восстановления изображений из голограмм с параметрами, которые совпадают с теми, при которых голограммы были получены.

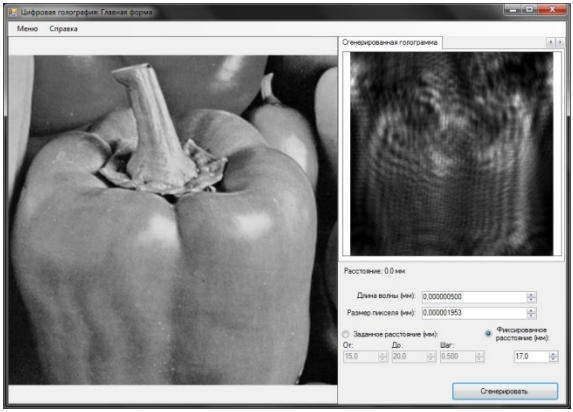
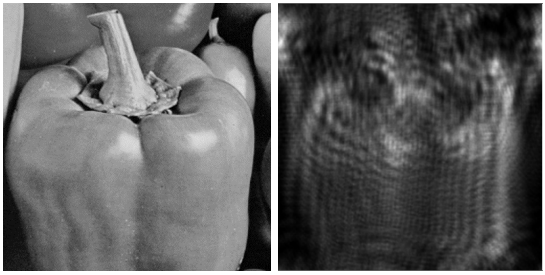


Рис. 1. Интерфейс программы генерации голограмм

На рис. 2а представлено исходное изображение с разрешением 512×512 пикселей. На рис. 2б изображена искусственно сгенерированная голограмма, которая была получена со следующими параметрами: размер пикселя 1,9 мкм, длина волны 500 нм, расстояние 17 мм.

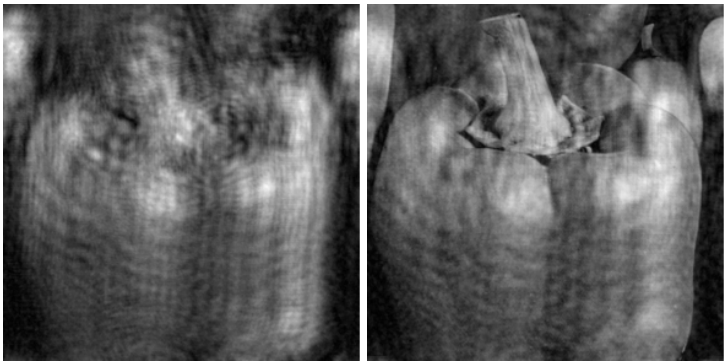


а б

а – исходное изображение; б – сгенерированная голограмма

Рис. 2. Результаты моделирования

После генерации голограммы было проведено восстановление изображений с различными параметрами. На рис. 3а представлено восстановленное изображение с параметрами: размер пикселя 1,9 мкм, длина волны 500 нм, расстояние 12 мм. На рис. 3б представлено восстановленное изображение с параметрами: размер пикселя 1,9 мкм, длина волны 500 нм, расстояние 17 мм.



а б

а – восстановленное изображение на расстоянии 12 мм и б – на расстоянии 17 мм

Рис. 3. Восстановленные изображение

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что математическая модель цифровой голографической интерферометрии достоверна. Использование алгоритмов генерации и восстановления изображений позволяет обойтись без сборки экспериментальной голографической установки, вследствие чего можно производить оптимизацию алгоритма восстановления и его доработку на искусственно сгенерированных голограммах.

Заключение

В результате анализа этапа генерации голограмм были смоделированы и реализованы процессы голографической интерферометрии, реализованные на основе алгоритма преобразования Френеля для генерации голограмм. Проведены экспериментальные исследования и сделаны выводы о достоверности математической модели метода цифровой голографии: генерации и восстановления голограмм. Разработан и протестирован модуль для генерации искусственных голограмм.

Список литературы

1. Гужов, В. И. Компьютерная голография: монография / В. И. Гужов. – Новосибирск: НГТУ, 2018 – 270 с.

2. Демин, В. В. Методы обработки и извлечения информации из цифровых голограмм частиц и их практическое применение / В. В. Демин, Д. В. Каменев // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2014. – Т. 57. – № 8-9. – С. 597 – 607.

3. Leith, E. N. Reconstructed wavefronts and communication theory / E. Leith, J. Upatnieks // Journal of the Optical Society of America. – 1962. – Vol. 52. – P. 1123-1130.

4. Современные методы цифровой голографии / С. А. Балтийский [и др.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://optic.cs.nstu.ru/files/Lit/Hologr/Digital/Гуров.pdf

5. Numerical wave propagation in ImageJ / P. Piedrahita-quintero [and all] // [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.researchgate.net/publication/280319567

6. Computational wave optics library for C++: CWO++ library / T. Shimobaba [and all] // Comput. Phys. Commun. – 2012. – Vol. 183. – P. 1124 – 1138.

Моделирование функционирования сети передачи данных при реализации маскирующего обмена

В. В. Кучуров, email: kuchurovv@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе рассматривается моделирование функционирования действующих сетей передачи данных ведомственного назначения с применением маскирующего обмена, интегрированных в сети связи общего пользования.*

Ключевые слова: *сеть связи ведомственного назначения, сеть связи общего пользования, TCP, IP, Ethernet, ATM, FDDI, RIP, OSPF, NAT, маскирование, маскирование адресной информации, инкапсуляция, демаскирующие признаки.*

Введение

Активное развитие сетей связи ведомственного назначения (ССВН) функционирующих в интересах органов государственного и военного управления страны и их интеграция с сетями связи общего пользования (ССОП) использующих коммерческие протоколы связи создает возможности деструктивного воздействия на ССВН и передаваемую в них информацию.

Взаимная интеграция сетей и глобализация инфокоммуникационных систем (ИКС) не позволяют при их защите использовать традиционную концепцию контролируемых зон, а также корректно определять границу внешней среды объекта защиты для общего случая, так как вследствие экспансии зарубежных информационных технологий (ИТ) на отечественный рынок телекоммуникаций, инфраструктура ССОП оказалась реализованной преимущественно на импортном оборудовании. С учетом его технологической сложности, существующие процедуры выявления недекларируемых возможностей (НДВ), даже при наличии исходных кодов, не могут быть достаточно результативными. Следовательно, реализацию подсистемы добывания сведений об объектах защиты можно обнаружить в инфраструктуре ССОП на уровне аппаратного и программного обеспечения коммутационных платформ и терминального оборудования (автоматизированных систем расчетов, подсистем

© Кучуров В.В., 2020

перехвата сообщений, анализа архитектуры семейства протоколов TCP/IP, и т. д.) [1,2].

Методика моделирования

Каждый элемент (узел) ССВН (кроме транзитных узлов СПД ССОП) функционирует в интересах пунктов управления, которые являются элементами иерархической ведомственной системы управления.

В общем случае ССВН включает множество взаимосвязанных каналами приема и передачи информации аппаратно-программных и технических средств (физические линии связи), объединенных в единое целое из территориально разнесенных элементов. Архитектура современных ССВН, как правило, соответствует архитектуре семейства протоколов *TCP*/*IP* и интегрирована с инфраструктурой ССОП.

На нижнем уровне детализации ССВН можно представить совокупностью аппаратных средств ССВН и физических линий связей между ними. При этом стандартами регламентируется также формат кадров, протоколы доступа к среде передачи, обнаружение и коррекция ошибок, что соответствует канальному уровню эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС).

С учетом специфики функционирования физических линий связей возможны следующие угрозы информации:

– искажение информации и несвоевременность ее доставки;

– выявление демаскирующих признаков (ДМП) источников сообщений и элементов ССВН;

– копирование, искажение информации в процессе ее обработки и хранения на узлах ССВН и ССОП в результате НСД.

Рассматривая модель функционирования сетевого уровня, который обеспечивает передачу пакетов между сетями, использующими собственную технологию канального уровня ЭМВОС (*Ethernet*, *ATM*, *FDDI* и т.д.), межсетевое взаимодействие устройств, маршрутизацию пакетов сообщений (*RIP*, *OSPF* и т.д.), согласование локальных и глобальных СПД (*NAT*, инкапсуляция пакетов сообщений), основными компонентами инфраструктуры ССВН на этом уровне являются маршрутизаторы (включая их операционные системы и специальное программное обеспечение).

Транспортный уровень ССВН описывает функции и правила обмена информацией в интересах взаимосвязи прикладных процессов и пользователей различных ИС, обеспечивает верхние уровни передачей данных с требуемой надежностью (использует 2 класса качества обслуживания, реализуемых протоколами *TCP* и *UDP*), обнаружение и

исправление ошибок передачи (искажение, потеря, дублирование), необнаруженных на канальном уровне.

С учетом специфики функционирования *сетевого и транспортного* уровней ССВН к вышеперечисленным добавляются следующие угрозы безопасности информации:

– нарушение конфигурации маршрутизаторов в результате НСД к операционным системам коммуникационного оборудования (маршрутизаторов) ССВН и ССОП;

– нарушение правил установления и ведения сеансов связи, использование уязвимых сервисов, а также другие действия, ведущие к отказу в обслуживании санкционированных абонентов путем осуществления удаленных компьютерных атак на коммуникационное оборудование.

На верхнем, прикладном (обработки данных) уровне детализации ССВН можно представить совокупностью прикладных процессов, и протоколов получения доступа к разделяемым ресурсам, посредством которых производится содержательная (в т. ч. совместная) обработка информации, а также правилами обмена информацией в интересах взаимосвязи прикладных процессов. Уровень обработки данных образуется совокупностью информационных ресурсов и прикладных процессов, размещенных в территориально обособленных узлах ССВН и локальных вычислительных сетях (ЛВС), где находятся потребители информации, выполняющие ее содержательную обработку. Информационная инфраструктура ЛВС, из которых состоит каждый невырожденный (в автономную ПЭВМ) локальный сегмент ССВН состоит из рабочих станций, имеющих отчуждаемые и неотчуждаемые носители информации, концентраторов (многопортовых повторителей), мостов, коммутаторов и маршрутизаторов локальных сетей (коммутаторов третьего уровня). Компонентами информационной инфраструктуры являются также структурированные кабельные системы, обслуживающий персонал и пользователи.

На прикладном уровне (обработки данных) ССВН к вышеперечисленным добавляются следующие угрозы безопасности информации:

– копирование, искажение информации, нарушение правил установления и ведения сеансов связи, использование уязвимых сервисов, а также другие действия, ведущие к отказу в обслуживании санкционированных абонентов путем НСД к операционным системам рабочих станций;

– копирование, искажение информации путем НСД к базам данных;

– разглашение информации.

Для реализации мероприятий по мониторингу информационного обмена в ССВН анализу полученных данных и вскрытию инфраструктуры, а также для осуществления деструктивных воздействий злоумышленник располагает ограниченным ресурсом сил и средств [3-5].

Стратегия злоумышленника – распределить ограниченный неоднородный ресурс средств разведки для вскрытия иерархии СУ с требуемой полнотой, своевременностью и достоверностью. Целью вскрытия иерархии СУ является определение важных для СУ элементов ССВН для преднамеренных деструктивных воздействий на них, причем важность элементов тем выше, чем выше оперативная принадлежность ПУ, в интересах которого функционирует ССВН так как целью таких воздействий является лишение возможности осуществлять управление. Злоумышленнику целесообразно осуществлять преднамеренные деструктивные воздействия на наиболее важные элементы ССВН сконцентрировав на них все усилия, а подавление второстепенных осуществлять при наличии свободного ресурса.

Наилучшая стратегия защиты – формировать у злоумышленника ложное (неверное) представление о схеме информационных направлений (структуре (топологии) и параметрах (типологии)) ССВН и, как неизбежное следствие, структуре управления, в интересах которой функционирует ССВН. Это позволяет влиять на качество решений, принимаемых злоумышленником по результатам разведки, предотвращать деструктивные воздействия на объекты защиты или снижать их результативность и эффективность. Такая стратегия может быть реализована посредством осуществления маскирующего обмена между элементами (узлами) ССВН.

Рассмотрим декомпозицию (наилучшей) стратегии защиты с позиций конструктивной интерпретации требований по защите значимых объектов критической информационной инфраструктуры.

Обеспечение безопасности ССВН в ходе ее эксплуатации должно включать в себя мероприятия по управлению конфигурацией ССВН и ее подсистемой безопасности. Подлежащими защите от угроз БИ в информационных системах, информационно-телекоммуникационных сетях (т. е. объектами защиты) являются их архитектура и конфигурация. В числе основных организационных и технических мер защиты – защита ИС и ее компонентов (ЗИС) и управление конфигурацией (УКФ). Применительно к предмету и задачам исследования данные меры декомпозируются на следующие задачи:

– управление сетевыми потоками;

– сокрытие архитектуры и конфигурации информационной (автоматизированной) системы;
– обеспечение доверенных каналов, маршрутов;
– обеспечение подлинности сетевых соединений;
– защита от угроз отказа в обслуживании (*DOS*-, *DDOS*-атак);
– управление сетевыми соединениями;
– создание (эмуляция) ложных компонентов информационных (автоматизированных) систем;
– разработка политики управления конфигурацией информационной (автоматизированной) системы;
– идентификация управления конфигурацией;
– управление изменениями.

На выполнение данных задач между существующими и ложными элементами ССВН влияет маскирующий обмен.

Маскирование адресной информации корреспондентов – это ее скрытие путем трансляции (*NAT*) истинных адресов элементов ССВН, расширения адресного пространства элементов ССВН (увеличение их количества) и введение ложных (маскирующих) элементов ССВН.

При использовании способов трансляции истинных адресов элементов ССВН *интенсивность* информационного обмена элементов ССВН *увеличивается* за счет группировки и инкапсуляции пакетов сообщений, содержащих именные ДМП.

При использовании способов расширения адресного пространства и введения ложных (маскирующих) элементов ССВН *интенсивность* информационного обмена элементов ССВН *снижается* соразмерно количеству дополнительных адресов и информационных направлений, используемых ими.

Маскирующий обмен – это упорядоченная по структуре и интенсивности совокупность ложных (маскирующих) пакетов сообщений, формируемых сетевыми информационными объектами (СИО) с целью управления ДМП алгоритмов функционирования ССВН изменяющих видимую интенсивность информационного обмена между элементами ССВН.

Маскирующий обмен позволяет скрыть факт передачи конструктивного трафика и исказить (в частности – повысить) уровень иерархии (оперативную принадлежность) соответствующих элементов ССВН посредством управления ДМП алгоритмов функционирования ССВН.

Основные ДМП алгоритмов функционирования ССВН – интенсивность (объем) трафика между элементами ССВН, сетевые

протоколы взаимодействия и иерархические уровни (ранги) элементов ССВН [6, 7].

Заключение

Проанализировав действующую модель функционирования сети связи ведомственного назначения, применив к ней совместное использование способов трансляции, расширения адресного пространства с введением ложных (маскирующих) элементов и маскирования, позволит управлять информативностью алгоритмов функционирования ДМП ССВН.

Список литературы

1. Давыдов, А. Е. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем / А. Е. Давыдов, Р. В. Максимов, О. К. Савицкий – Москва : ОАО «Воентелеком», 2015. – 520 с.
2. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3 (233). – С. 28-35.
3. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175.
4. Иванов, И. И. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб. : ВАС, 2017. – С. 138-147.
5. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И. С. Ворончихин [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.
6. Шерстобитов, Р. С. Постановка задачи маскирования структуры клиент-серверных информационных систем / Р. С. Шерстобитов, В. В. Кучуров // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XIX Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 886-890.

Методика мониторинга сети передачи данных для обеспечения маскирующего обмена

В. В. Кучуров, email: kuchurovv@yandex.ru
Р. С. Шерстобитов, email: scherstobitov.rs@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *На основе методики мониторинга сети передачи данных основанных на семействе коммуникационных протоколов TCP/IP можно сделать обоснованный выбор маскирующих маршрутов связи.*

Ключевые слова: *сеть передачи данных ведомственного назначения, сеть передачи данных общего пользования, маскирующий пакет сообщений, конструктивный пакет сообщений, mtu, квитирование, tcp/ip, tcp-пакеты, узел-терминатор.*

Введение

Область применения методики.

Методика относится к области информационной безопасности сети передачи данных ведомственного назначения (СПД ВН) и может быть использована для обоснованного выбора маскирующих маршрутов связи и максимально допустимых значений длины поля данных кадров (Maximum Transmission Unit, MTU) маскирующих пакетов сообщений (МПС) при реализации маскирующего обмена в СПД ВН, основанных на семействе коммуникационных протоколов TCP/IP.

Назначение методики.

Методика мониторинга СПД ВН предназначена для построения карты (схемы), содержащей значения MTU каждого узла ССОП, и обеспечения повышение достоверности выбора значений MTU МПС [1].

Показатели и критерии

Показателем эффективности процесса мониторинга является максимизация достоверности результатов мониторинга вероятности простоя КР:

$$P_{П}^{TKP}\left(t\right) \to \max \tag{1}$$

$$\left\langle S, CP, Z, IP \right\rangle \to \max P_{П}^{TKP} \mid P_{П}^{TKP} \in \left\{P_i\right\}, i = 1, 2, \ldots, h. \tag{2}$$

© Кучуров В. В., Р. С. Шерстобитов, 2020

Пусть оценка достоверности результатов мониторинга происходит постоянно, чего можно добиться, оценивая интенсивности λ_{57} и λ_{72} (см. табл. 1), тогда S_1 – начальное состояние моделируемой системы мониторинга.

Таблица 1

Интенсивности потоков событий

Интенсивность	**Обозначение**
Заявки на прерывание формирования МПС в связи с формированием КПС	λ_{12}
Заявки на изменение текущих IP-адресов (расширение адресного пространства) КПС	λ_{13}
Заявки на изменение текущих IP-адресов (расширение адресного пространства) МПС	λ_{23}
Заявки на передачу КПС получателю без расширения адресного пространства (КПС и МПС используют один адрес отправителя)	λ_{14}
Заявки на передачу МПС получателю без расширения адресного пространства (МПС и КПС используют один адрес отправителя)	λ_{24}
Заявки на передачу КПС и МПС получателю с расширением адресного пространства (КПС и МПС используют множество адресов отправителя)	λ_{34}
Заявки на терминацию МПС на узле-терминаторе	λ_{45}
Заявки на безусловное* обслуживание КПС у получателя	λ_{46}
Заявки на совместное с МПС обслуживание КПС у получателя	λ_{47}
Заявки на совместное с КПС обслуживание МПС у получателя, вызванные отказом терминации (узла-терминатора)	λ_{57}
Квитирование, заявки на увеличение скорости ПД КПС вследствие своевременного приема КПС	λ_{61}
Заявки на уменьшение скорости ПД МПС вследствие отказа терминации, возникновения очередей из КПС и МПС у получателя	λ_{72}

Исходные данные. В качестве основных исходных данных в методике выступают:

– множество внутренних параметров модели $Z \subseteq \{S_i, \Lambda_j\}$, где $S_i = \{S_1, \ldots, S_k\}, \Lambda_j = \{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_J\}$ перечень моделируемых состояний системы и интенсивностей потоков событий в ней описаны ниже по тексту;

– объем массива памяти S_P (байт) для хранения k фрагментов принятых от отправителя *TCP*-пакетов сообщений, где $k = 1, 2, \ldots, F$, а F – общее количество принятых фрагментов *TCP*-пакета сообщений;

– объем массива памяти G_P (байт) для хранения m сформированных ответных фрагментов *TCP*-пакета сообщений, где $m = 1, 2, \ldots, M$, а M – общее количество сформированных ответных фрагментов *TCP*-пакета сообщений;

– значение счетчика l количества сформированных ответных фрагментов *TCP*-пакета сообщений хранящихся в массиве памяти G_P;

– объем массива памяти *AG* (байт) для хранения матрицы соответствия k-му принятому фрагменту *TCP*-пакета сообщений из массива S_P m-го сформированного фрагмента *TCP*-пакета сообщений из массива памяти G_P;

– длительность интервала времени $t_{зад}$, в течение которого отправителю *TCP*-пакетов сообщений будут направлены три дубликата подтверждения *ACK*.

Для достижения цели методики осуществляют следующую **последовательность действий** представленной на блок-схеме (на рис. 1) реализующих алгоритм динамической конфигурации параметров сетевых соединений ИС в условиях КР. [2-4].

На рис. 1 представлен граф состояний моделируемой системы.

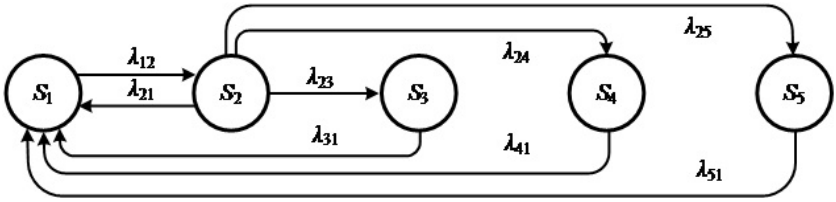


Рис. 1. Граф состояний процесса мониторинга СПД ВН для обеспечения маскирующего обмена

Физическая (содержательная) постановка задачи. Функционирование СПД ВН при реализации маскирующего обмена

детализировано. Посредством канала мониторинга в систему принятия решения поступает поток событий (заявок, требований) с интенсивностью λ. Источниками событий являются стохастичность компоненты ССОП, КА (могут быть направлены не на СПД ВН, а на элементы инфраструктуры ССОП или сам трафик, проходящий через эти элементы, т.е. скрытно) и распоряжения от системы вышестоящего уровня иерархии на изменение структуры управления в связи с планами управления. Система принятия решения по наблюдению $S_U(t)$ вырабатывает процесс $U(t)$, который посредством канала управления осуществляет трассировку маршрутов, определяет значения *MTU* транзитных узлов ССОП и управляет состоянием (структурой) сети маскирующего обмена, направляя корреспондирующим абонентам информацию о маскирующих маршрутах связи и значениях *MTU* узлов-терминаторов. Необходимые для моделирования процесса мониторинга состояния $S_1, S_2, \ldots$ перечислены в табл. 2.

Таблица 2

Дискретные состояния процесса мониторинга СПД ВН

S_1	Оценка достоверности выбора значений *MTU* МПС
S_2	Трассировка маршрутов в ССОП и определение значений *MTU* узлов ССОП (*Path MTU Discovery*)
S_3	Масштабирование СПД ВН по требованию системы управления
S_4	Отказы узлов СПД ВН (ССОП) под воздействием КА (КР)
S_5	Масштабирование СПД ВН под воздействием ССОП (операторов связи)

Моменты возможных переходов моделируемой системы мониторинга СПД ВН для обеспечения маскирующего обмена из состояния в состояние неопределенны, случайны и происходят под действием событий, характеризующиеся их интенсивностями λ (см. табл. 3).

Пусть оценка достоверности результатов мониторинга происходит постоянно, чего можно добиться, оценивая интенсивности λ_{57} и λ_{72} (см. табл. 1), тогда S_1 – начальное состояние моделируемой системы мониторинга.

Таблица 3

Интенсивности потоков событий в системе мониторинга СПД ВН

Интенсивность	Обозначение
Заявки на трассировку маршрутов в ССОП и определение значений MTU узлов ССОП (Path MTU Discovery)	λ_{12}
Заявки на оценку достоверности выбора значений MTU МПС	λ_{21}
Масштабирование СПД ВН	λ_{23}
Воздействия КА (КР)	λ_{24}
Воздействия ССОП (операторов связи)	λ_{25}
Заявки на оценку достоверности выбора значений MTU МПС по масштабированию СПД ВН по требованию системы управления	λ_{31}
Заявки на оценку достоверности выбора значений MTU МПС по воздействиям КА (КР)	λ_{41}
Заявки на оценку достоверности выбора значений MTU МПС по воздействиям ССОП (операторов связи)	λ_{51}

По размеченному графу состояний рис. 1 составляются уравнения Колмогорова – ДУ с неизвестными функциями $p_i(t)$:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{dp_1(t)}{dt} = \lambda_{21}p_2(t) + \lambda_{31}p_3(t) + \lambda_{41}p_4(t) + \lambda_{51}p_5(t) - \lambda_{12}p_1(t),\\
&\frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_{12}p_1(t) - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24} + \lambda_{25})p_2(t),\\
&\frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda_{23}p_2(t) - \lambda_{31}p_3(t),\\
&\frac{dp_4(t)}{dt} = \lambda_{24}p_2(t) - \lambda_{41}p_4(t),\\
&\frac{dp_5(t)}{dt} = \lambda_{25}p_2(t) - \lambda_{51}p_5(t),\\
&\sum_{i=1}^{5} p_i(t) = 1.
\end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Для решения ДУ Колмогорова задаются начальные условия. Задавая численные значения интенсивностей λ и переходя к непрерывному времени $t \to \infty$, решается система линейных ДУ с постоянными коэффициентами. Характер выбранных значений интенсивностей определяется в соответствии с условиями функционирования СПД ВН (ситуациями) (табл. 4).

Таблица 4

Значение интенсивностей событий в зависимости от условий функционирования СПД ВН

Признаки	Ситуации				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Наличие КПС	const	–	const	const	const
Наличие МПС	–	max	max	max	max
Наличие КПС от других источников	max	const	const	const	const
Терминация МПС	–	min	min	max	min

Значения интенсивностей потоков событий задаем постоянными (табл. 5) в соответствии с выбранной ситуацией (например, C_1).

Таблица 5

Интенсивность потоков событий для различных условий функционирования системы мониторинга СПД ВН

Интенсивность	λ	Значения λ для ситуаций 1-5				
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Заявки на трассировку маршрутов в ССОП и определение значений *MTU* узлов ССОП (*Path MTU Discovery*)	λ_{12}	2	2	100	200	200
Заявки на оценку достоверности выбора значений *MTU* МПС	λ_{21}	100	2	100	100	100

Окончание табл. 5

Масштабирование СПД ВН	λ_{23}	2	100	max	100	100
Воздействия КА (КР)	λ_{24}	2	2	2	100	100
Воздействия ССОП (операторов связи)	λ_{25}	2	2	2	max	100
Заявки на оценку достоверности выбора значений MTU МПС по масштабированию СПД ВН по требованию системы управления	λ_{31}	100	100	200	200	200
Заявки на оценку достоверности выбора значений MTU МПС по воздействиям КА	λ_{41}	2	2	max	max	200
Заявки на оценку достоверности выбора значений MTU МПС по воздействиям ССОП (операторов связи)	λ_{51}	100	100	100	200	200

Исходная система ДУ приводится к векторному представлению:

$$D(t, p) = \begin{pmatrix} \lambda_{21} p_2(t) + \lambda_{31} p_3(t) + \lambda_{41} p_4(t) + \lambda_{51} p_5(t) - \lambda_{12} p_1(t) \\ \lambda_{12} p_1(t) - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24} + \lambda_{25}) p_2(t) \\ \lambda_{23} p_2(t) - \lambda_{31} p_3(t) \\ \lambda_{24} p_2(t) - \lambda_{41} p_4(t) \\ \lambda_{25} p_2(t) - \lambda_{51} p_5(t) \end{pmatrix} \quad (4)$$

Процесс мониторинга в соответствии с данной моделью сводится к выбору такого управления, при котором обеспечивается максимальное

время нахождения значения достоверности мониторинга (выбора значений *MTU* МПС) в допустимых пределах [5-7].

Заключение

Новизна методики заключается в применении математического аппарата теории марковских случайных процессов и решении уравнений Колмогорова для исследования и решения задачи повышения эффективности маскирующего обмена при маскировании адресной информации абонентов в СПД ВН за счет обеспечения своевременности информационного обмена конструктивными сообщениями.

Практичность методики заключается в нахождении вероятностных и временных характеристик, описывающих состояния процесса функционирования СПД ВН в различных условиях.

Список литературы

1. Давыдов, А. Е. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем / А. Е. Давыдов, Р. В. Максимов, О. К. Савицкий – М. : ОАО «Воентелеком», 2015. – 520 с.
2. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа: http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf
3. Iskolnyy, B. B. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / B. B. Iskolnyy, R. V. Maximov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure In-formation Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. December 6-7, 2017, Moscow, Russia. – P. 59-65.
4. Иванов, И. И. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб. : ВАС, 2017. – С. 138-147.
5. Иванов, И. И. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб. : ВАС, 2017. – С. 147-154.
6. Зайцев, Д. В. Алгоритм маскирования вычислительной сети с выделенным сервером / Д. В. Зайцев, Р. С. Шерстобитов,

В. В. Починок // В сборнике: VII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. КВВАУЛ им. А.К. Серова. 2018. – С. 259-264.

7. Зуев, О. Е. Маскирование структуры вычислительной сети с учетом иерархии сетевых информационных объектов / О. Е. Зуев, Р. С. Шерстобитов // В сборнике: VII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю. А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. КВВАУЛ им. А.К. Серова. 2018. – С. 310-315.

Алгоритм поворота изображений для анализа подписей человека

М. А. Лактионова, email: laktionofs@mail.ru
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com
В. А. Мещеряков, email: netshuttle@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматривается алгоритм поворота изображения, использующийся на одном из этапов предварительной подготовки изображений при статическом анализе подписей.*

Ключевые слова: *анализ подписей, поворот изображений, обработка изображений.*

Введение

Подпись является одним из самых распространенных способов подтверждения документов. Но часто человеку достаточно сложно отличить настоящую подпись от подделки, так как две подписи одного и того же человека могут существенно различаться, в том числе в зависимости от условий написания. Поэтому задача создания автоматических устройств распознавания и подтверждения подписи является актуальной. Такие системы должны иметь высокий уровень точности.

Существует два метода получения и дальнейшего анализа подписи человека – статический и динамический.

При использовании статического метода человек расписывается на бумаге, изображение сканируется или фотографируется, а далее компьютерная система анализирует полученное изображение. Часто этот метод называют «offline» методом. Статический метод дает меньше информации по сравнению с динамическим, поскольку известны лишь координаты характерных точек подписи.

При использовании динамического метода человек расписывается в графическом планшете, который считывает подпись в режиме реального времени. Данные, получаемые с помощью графических планшетов, отражают динамику мускульных движений руки, и, следовательно, являются биометрической характеристикой конкретного человека. Этот метод называют также «online» методом.

Очевидно, что подпись обладает меньшей стабильностью, чем некоторые другие биометрические характеристики. В частности она

© Лактионова М. А., Воронина И. Е., Мещеряков В. А., 2020

может иметь различный наклон. Человек легко понимает, какая часть подписи является более значимой (например, слово, если имеется), а какая часть менее значимой (например, графические элементы, если имеются). На основе этого можно определить, есть ли какой-либо наклон у подписи или нет.

Рассмотрим алгоритм поворота изображения для горизонтального выравнивания, который является одним из этапов предварительной обработки для приведения входных изображений к единому формату для работы со статическим анализом подписей.

1. О предварительной обработке изображений

При статическом анализе подписи необходимо выполнить предварительную обработку ее изображения. Например, избавиться от шумов, представить изображение в градациях серого, изменить размер. При этом поворот изображения является одним из шагов, который позволяет преобразовать анализируемый набор подписей к единому формату [1, 2].

2. Средства реализации

Для реализации алгоритма использовался язык Python 3.7, а также следующие модули и библиотеки: Math, Imutils, cv2, Numpy [3].

3. Подготовка изображения для поворота

Перед началом работы алгоритма поворота изображения выполняются подготовительные действия:

Сглаживание изображения с удалением шумов. Это необходимо для того, чтобы убрать лишнюю информацию, которая может внести ошибку при дальнейшей верификации подписи.

Обрезка изображения по границам подписи.

Представление изображения в градациях серого. Этот шаг необходим для нормализации подписей, выполненных пишущими средствами различных цветов.

Выделение границ Канни. С помощью детектора границ Канни получается черно-белый шаблон подписи, основанный на ее линиях. Данный шаблон понадобится позднее, при сравнении двух подписей.

Пример результата выполнения перечисленных шагов изображен на рис. 1.

Рис. 1. Результат выполнения шагов 1-4

После этих действий начинается работа по нахождению угла поворота изображения.

4. Алгоритм поворота изображения

Для определения основной части подписи программа выполняет следующие шаги.

Сначала для каждого столбца пикселей изображения находятся координаты граничных сверху и снизу пикселей. Если такой отсутствует, то столбец не учитывается в дальнейших подсчетах. После того, как обработаны все столбцы, находятся средние арифметические для пикселей верхней и нижней границ. Полученные числа являются координатами линий по оси Y. По этим прямым выполняется обрезка исходного изображения. Полученная часть считается основной в представленной подписи. Впоследствии идет работа с обрезанным изображением (рис. 2).

Рис. 2. Обрезанное изображение подписи

Далее для каждого столбца пикселей выполняется сбор координат всех белых пикселей и поиск медианы. Это необходимо для получения среднего пикселя из списка представленных в данном столбце.

Затем список медиан сжимается следующим образом: список дробится на меньшие размером либо 50, либо 100 (в зависимости от размеров исходного). После этого в каждом из созданных списков ищется медиана. Полученные координаты затем добавляются в новый массив.

Из нового списка необходимо убрать часть элементов. Сначала ищется медиана среди его элементов (*median*). Делается предположение, что подпись занимает 1/6 исходного изображения. Количество строк оригинала делится на 6. Полученное число является радиусом для отрезка допустимых координат (*rangeRadius*). Убираются координаты, значение Y которых не попадает в отрезок [*median – rangeRadius*, *median + rangeRadius*]. Полученные координаты сортируются по значению X.

В конце ищутся медианы в левой и правой половинах списка. Найденные координаты являются началом и концом вектора наклона подписи (рис. 3).

Рис. 3. Вектор наклона подписи

Для нахождения угла выполняются вычисления, представленные в листинге 1.

Листинг 1

Определение угла поворота

```
x = right[0] - left[0]
y = right[1] - left[1]
arctang = np.arctan2([y], [x])
```

Поворот изображения выполняется посредством вызова функции *rotate_bound* (листинг 2).

Листинг 2

Поворот изображения

```
rotated_img = imutils.rotate_bound(img,arctang*180*(-1)/np.pi)
```

В результате получено изображение, повернутое на отрицательный угол наклона подписи (рис. 4).

Рис. 4. Результат работы алгоритма

Заключение

В ходе работы разработан алгоритм поворота изображения, на основе наклона основной части подписи. Данный алгоритм может использоваться как один из этапов предварительной обработки входных данных при использовании статического анализа подписей.

Список литературы

1. Форсайт, Д. Компьютерное зрение : современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс; пер. с англ. ; Калифорнийский университет в Беркли; Иллинойский университет в Урбана-Шампейн. – 1-е изд. – М. : Вильямс, 2004. – 926 с.

2. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. – 3-е изд., испр. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 763 с.

3. OpenCV Tutorials [Электронный ресурс] : электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/tutorials

Разработка экспертной системы для агроэкологической оценки почв и оптимизации землепользования

Т.М. Леденева, email: ledeneva-tn@yandex.ru
Д.С. Соколов, email: sokol207@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье предложена структура экспертной системы для агроэкологической оценки почв и оптимизации землепользования, рассмотрены алгоритмы обработки изображений для картирования сельскохозяйственных территорий и их программная реализация.*

Ключевые слова: *экспертная система, сегментация, картирование.*

Введение

Современные интенсивные технологии землепользования предусматривают высокий уровень агротехники, в том числе применяемых доз удобрений, регуляторов роста и средств защиты растений. Этот факт обусловливает растущие требования к точности информации о состоянии полей и качеству ее агроэкологической интерпретации. К основным факторам варьирования урожайности относятся крутизна склонов, мощность гумусовых горизонтов, влажность почвенного покрова, наличие деградационных процессов [1]. Рост контрастности почвенного покрова приводит к необходимости дифференциации основных параметров плодородия, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. Таким образом, возникает проблема выявления границ участков пахотных земель с целью определения агроэкологической оценки состояния почв и оптимизации решений по ее обработке и использованию. Данная проблема относится к новым технологиям управления сельскохозяйственным производством с применением беспилотных летательных аппаратов и спутниковой съемки, и предусматривает автоматизацию и оптимизацию процессов на основе внедрения информационных технологий в сельское хозяйство. Исследование пространственного распределения характеристик растительной массы на основе аэрофотоснимков позволяет эффективно использовать ресурсы, получать более высокую урожайность с высоким качеством продукции. Кроме того, снижение количества используемого удобрения и средств защиты растений существенно уменьшает вредное

© Леденева Т.М., Соколов Д.С. 2020

влияние на окружающую среду. Исследования по обнаружению стрессовых состояний растений представлены в работах следующих ученых: C. Stevenson, L. Smith, J. Moraghan, В.П. Якушев, Е.В. Канаш. Задачам оценки качества земель и оптимизации землепользования посвящены работы И.И. Васенева, А.Л. Черногорова, П.А. Чекмарева, Г.В. Добровольского и других. В настоящее время существуют методики и технологии агроэкологической типизации земель, эталоны почвенного плодородия, системы оценки деградации земель, нормативы применения различных удобрений, в том числе азотных, которые в большой степени влияют на цвет растительной массы. Таким образом, имеется существенная научно-исследовательская база для использования информационных технологий с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

1. Общая структура экспертной системы

Для оценки состояния почв, поддержания их качества и оптимизации агротехнологий на основе определения рациональных доз удобрений при выращивании различных культур предлагается экспертная система с иерархической структурой. На первом уровне реализована информационно-аналитическая система, предназначенная для оценки состояния почв. Второй уровень составляет несколько систем, роль которых сводится к разработке рекомендаций по улучшению состояния почв и выбора того типа почвы, который является наиболее подходящим с учетом климатических условий для заданного вида растений. К основным функциональным возможностям подсистем экспертной системы относятся следующие:

- выявление закономерностей в данных, характеризующих состояние почв в зависимости от значений физико-химических показателей;
- картирование территорий по категориям почвы;
- формирование комплексной агроэкологической оценки качества почвы;
- прогнозирование состояния почвы и оптимизация количества биодобавок для улучшения ее состояния;
- выбор вида почвы с целью повышения урожайности различных культур;
- оптимизация выбора и модификация агротехнологий на основе анализа характеристик цвета растений по данным дистанционного зондирования с различным набором качественных показателей посевов.

Информационное обеспечение экспертной системы включает базу данных, содержащую информацию о типах почв, их физико-химическом составе, реестр биодобавок и автоматизированную книгу истории полей.

Заметим, что большинство решаемых экспертной системой задач обусловливают наличие информации о пространственно распределенных характеристиках сельскохозяйственных угодий. Такая информация может быть получена на основе аэрофотосъемки с помощью квадрокоптера, на котором закреплены цифровые камеры. Полученные материалы аэрофотосъемки содержат растровые изображения сельскохозяйственных полей, а также координаты центров фотографирования и опорных точек. Таким образом, полученные изображения снабжаются геопривязкой.

После проведения количественной агроэкологической оценки почвы или содержания различных видов удобрений, в частности азота, влияющих на цвет растительной массы, генерируются технологические карты для принятия управленческих решений. Важнейшей проблемой на данном этапе является определение зависимости цвета полей от наличия тех или иных физико-химических показателей, фитосанитарного состояния земель, а также различных загрязняющих веществ. В случае определения оптимальной дозы для дифференцированного внесения азотных удобрений, необходимо определить функцию, описывающую зависимость дозы азота от характеристики цвета листьев. Очевидно, что выявление таких зависимостей должно осуществляться на тестовых площадках с использованием методов математической статистики.

Заметим, что перечисленные выше задачи решаются на основе универсального подхода [2], который включает следующие основные шаги по обработке изображений аэрофотосъемки:

- сегментация изображения;
- выявление границ участков одного цвета для реализации технологий точечного земледелия;
- представление колориметрических характеристик цвета в виде скалярной величины, в основу которой может быть положена линейная комбинация параметров цвета, в которой весовые коэффициенты подбираются эмпирически (например, линейная зависимость между значениями дозы азота и цвета была максимально выражена).

Остановимся на особенностях реализации каждого из перечисленных шагов более подробно.

2. Сегментация изображения

Сегментация изображения – это разделение изображения на области, для которых выполняется определенный критерий однородности (например, областей приблизительно одинаковой яркости). По сути, задача сегментации состоит в том, чтобы классифицировать каждый пиксель изображения в соответствии с тем, попадает ли его цвет в заданный диапазон или нет. Для этого в цветовом пространстве вводится некоторая мера сходства в зависимости от конкретной задачи. Пороговая обработка является одним из основных методов сегментации изображений, благодаря интуитивно понятным свойствам. В нашей задаче предполагается разделить изображение на различающиеся по цвету области. Для этого подходит алгоритм пороговой сегментации, включающий следующие основные шаги.

1. Выбрать начальное значение порога ε

2. Произвести сегментацию изображения с порогом ε, обрабатывая изображение по пикселям в соответствии с правилом

$$i'(x,y) = \begin{cases} z_{фон}, если\ i(x,y) \le \varepsilon, \\ z_{сегмент}, если\ i(x,y) \le \varepsilon, \end{cases}$$

где $i(x,y)$ – яркость пикселя входного изображения; $z_{фон}$ и $z_{сегмент}$ – метка фона (соответственно 0 или 1), которые идентифицируют либо фоновую точку, либо точку, принадлежащую выделяемой области. В результате выполнения данного шага образуются две группы пикселей, состоящих из пикселей с яркостью, большей $\varepsilon(G_1)$ и пикселей с яркостью, меньшей или равной $\varepsilon(G_2)$.

3. Определить средние значения яркости пикселей μ_1 и μ_2 в найденных областях G_1 и G_2 соответственно и вычислить новое значение порога $\varepsilon_{new} = \alpha\mu_1 + \beta\mu_2$, где α, β – настраиваемые параметры (в частном случае ε_{new} вычисляется как среднее арифметическое значений μ_1 и μ_2).

4. Шаги 2-4 повторяются до тех пор, пока изменения на каждой следующей итерации становятся не существенными.

Приведенный алгоритм является достаточно известным алгоритмом бинарной сегментации [2]. Его преимуществом для обработки картографических данных является возможность адаптации за счет настойки параметров. Приведенная выше формула может быть

обобщена на случай многоуровневой кластеризации, когда кластеров не два (фон и сегмент), а несколько.

Наиболее ответственным этапом является назначение порога. Порог можно выбирать на уровне визуального изучения гистограмм. Значение порога может быть единым для всей области, может зависеть от пространственных координат, может учитывать некоторые дополнительные характеристики конкретного пикселя или группы пикселей (адаптивный порог). В нашем случае предполагается комбинация различных подходов к назначению порога с целью как глобальной, так и локальной обработки изображения.

К другим методам сегментации относятся следующие [3]: метод дискриминантного критерия, адаптивная пороговая сегментация, нейросетевой подход. Перспективным направлением сегментации цветовых областей является использование алгоритмов нечеткой кластеризации. В этом случае для всех пикселов вычисляются нечеткие функции принадлежности и определяются нечеткие кластеры. Четкие кластеры получаются в результате анализа степени принадлежности. Затем подключаются алгоритмы четкой кластеризации.

3. Определение границ локальных областей

Существует принципиально иной (по сравнению с методом разметки точек) способ сегментации – сегментация путем выделения границ областей [4]. При таком способе сегментации объекты представляются их границами. В нашем случае выделение границ – это отдельная практическая задача. Границы – основа формирования различных признаков при распознавании изображений. После применения алгоритма сегментации у нас получается чёрно-белое изображение, где каждый пиксель имеет значение яркости 0 или 255. При картографировании сельскохозяйственных угодий и посевных площадей будем различать фрагмент, включающий две области и разделительную линию. Поэтому пиксели изображения можно разделить на три класса: область 1, область 2 и граница. Будем считать, что пиксель границы – это черный пиксель, имеющий сверху, снизу, справа или слева хотя бы один белый пиксель, а так же хотя бы один чёрный пиксель. Все пиксели белого цвета будем считать пикселями области 1, а чёрные пиксели, у которых все соседние пиксели чёрные, – пикселями области 2. Это правило формально можно представить с помощью значений суммы яркостей пикселей, находящихся сверху, снизу, справа, слева и учетверенного значения яркости самого пикселя. Таким образом, у пикселя области 1 значение суммы будет 0, у пикселя границы значение будет лежать в интервале от 0 до 1020, а у пикселя

области 2 оно будет от 1020 до 2040. Идея предложенной процедуры заключается в следующем: определить новое значение пикселя, применив к нему подходящую маску, а затем определить принадлежность к одному из типов объектов на основе сформулированного выше правила. Далее для получения кривой, описывающей границу, применяется следующая процедура:

10. Инициализация двух списков: LINE – для хранения границы, TEMP – для хранения промежуточных данных.

11. Определяем начальный пиксель и добавляем его к списку.

12. Ищем соседний пиксель, если такой пиксель один, добавляем его к LINE, если таких пикселей несколько, то выбирается ближайший пиксель границы к пикселю области 1, находящийся рядом с предыдущим пикселем границы, рядом с которым имеется пиксель области 2; если таких пикселей нет, то берем пиксель из TEMP, если TEMP пуст, то процедура завершается: непрерывный участок границы построен.

13. Повторяем шаги 2-3.

Для реализации алгоритма, была написана программа на языке C# в среде Microsoft Visual Studio. Программа представляет собой оконное приложение, в котором пользователь выбирает изображение с целью выделения границы между областями. В качестве входных изображений программе передаётся спутниковый снимок в виде растрового изображения в формате RGB. Так же был реализован алгоритм картографической генерализации линейных объектов для проверки результатов работы программы [5]. В алгоритме картографической генерализации используются методы фрактальной геометрии. Этот алгоритм позволяет привести кривую к равнозвенному виду, разбить ее на несколько частей, упростить сегменты. Пример работы программы представлен на рисунке.

Рисунок. Пример работы программы

Список литературы

1. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования / Черногоров и [др.]. – М.: Изд-во Московского университета, 2012. – 268 с.

2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

3. Тропченко, А.А. Методы вторичной обработки и распознавания изображений / А.А. Тропченко, А.Ю. Тропченко. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 215 с.

4. Алгоритмы выделения контуров изображений [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://habrahabr.ru/post/11445

5. Соколов, Д.С. Алгоритм выделения береговой линии на картографическом изображении высокого качества / Д. С. Соколов, О. Г. Корольков // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. – Воронеж, 2019. – С. 503-506.

Моделирование способа маскирования структуры IP-сети на основе адаптивного изменения ее параметров

В. С. Масловский, email: maslovskij.98@mail.ru
С. С. Доронин, email: 1doronin.sklf@mail.ru
В. В. Починок, email: vicpochinok@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе рассматривается способ защиты IP-сети, значительно усложняющий процедуру компрометации злоумышленником системы защиты в результате ведения сетевой разведки, а также обеспечивающий предотвращение вскрытия структуры защищаемой IP-сети за счет динамической реконфигурации ее параметров.*

Ключевые слова: *IP-сеть, сетевая разведка, компьютерная атака, структурная скрытность.*

Введение

Свойство однородности структуры современных IP-сетей наделяет злоумышленника преимуществами при использовании вычислительного ресурса для реализации компьютерных атак. Это обусловлено тем, что однородность сетевых конфигураций, их аппаратного и программного обеспечения, позволяет злоумышленникам легко и с небольшими вычислительными затратами проводить крупномасштабную атаку на десятки, сотни и тысячи узлов после успешного проведения мелкомасштабной атаки лишь на один из узлов этой однородной IP-сети. В свою очередь службы безопасности должны своевременно обнаруживать и устранять все потенциальные уязвимости, а также нейтрализовывать или снижать эффективность средств сетевой разведки и реализации компьютерных атак. Постоянство во времени при использовании традиционных способов и средств защиты IP-сетей позволяет злоумышленнику с достаточной легкостью просчитать очередной шаг системы безопасности или технологический цикл реализуемый в IP-сети [1-5].

В разработанном способе защиты, для обеспечения структурной скрытности IP-сети в целом, на оконечных узлах устанавливается специальное программное обеспечение, которое перед отправкой пакетов сообщений считывает значения полей, содержащих IP-адрес

© Масловский В. С., Доронин С. С., Починок В. В., 2020

отправителя и IP-адрес получателя, служебного заголовка протокола и преобразует полученные данные с помощью специально разработанного собственного протокола – протокола DMNSP (Dynamic Management of Network Structure Parameters).

1. Сущность способа защиты

Принцип работы специального протокола основан на изменении значений служебных полей, содержащих IP-адрес отправителя и IP-адрес получателя на ложные, с применением, например, генератора псевдо-случайных чисел, через заданные интервалы времени. После формирования пакетов сообщений для сетевого обмена, с помощью специального протокола, эти пакеты передаются и после получения принимающей стороной, проверки легитимности отправителя и получателя пакетов сообщений, происходит извлечение истинного IP-адреса получателя, с помощью того же специального протокола, и передача пакета сообщений на истинный конечный узел сети. Конечные узлы представляют собой сетевые устройства получатель/отправитель пакетов, расположенные в сети. Узлы, участвующие в информационном обмене, имеют средства для синхронизации изменений структурных параметров IP-сети и способны в полной мере обмениваться данными друг с другом без потери работоспособности сети в целом. Периодическое изменение параметров доставки с течением времени в итоге приводит к запутыванию информации, полученной по результатам сетевой разведки злоумышленником, об активных сетевых узлах или сетевых службах IP-сети. Таким образом, злоумышленник, сталкивается с множеством динамических параметров, которые понятны только участвующим в информационном обмене узлам сети [6-8].

Конфигурирование специального программного обеспечения может быть реализовано одним из трех типов управления: по времени (синхронное), по факту сканирования, постоянное на всех без исключения пакетах/кадрах.

На рисунке представлена блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный способ защиты.

Направлением дальнейших исследований в рассматриваемой предметной области авторами видится проведение работ по динамическому изменению значений других полей служебных заголовков передаваемых и принимаемых пакетов сообщений, аналогично [9-13] и увеличению скорости информационного обмена между отправителем и получателем пакетов сообщений, которая в разработанном способе несколько снижается ввиду установленного дополнительного специального программного обеспечения, расходую щего ресурсы сети на преобразование исходящих пакетов в свой

собственный протокол, что в свою очередь приводит к увеличению расхода вычислительного ресурса IP-сети [14-18].

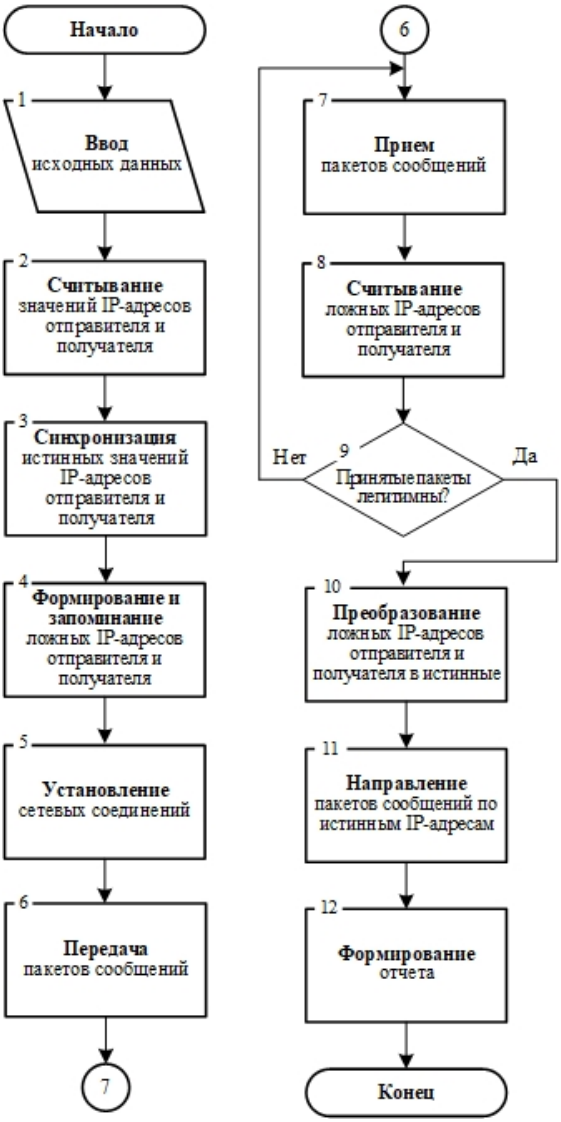


Рисунок. Блок-схема последовательности действий, реализующих разработанный способ защиты IP-сетей

Заключение

Таким образом, разработанный способ защиты IP-сетей позволяет уйти от традиционных мер защиты, основанных на обнаружении и реагировании на попытки реализации компьютерных атак [19-28], к мерам защиты, основанным на их предотвращении, за счет систематического изменения параметров структуры IP-сети или их изменения в результате происшедшего события безопасности. Способ защиты позволяет предотвратить атаку злоумышленника на любой из сетевых узлов защищаемой IP-сетей, поскольку только авторизованные пользователи имеют надлежащую информацию, которая коррелирует с соответствующими отображениями полей протокола.

Список литературы

1. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Voprosy kiberbezopasnosty. – 2019. – № 1 (29). – P. 10-17.
2. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / С. П. Соколовский [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.
3. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире : сб. тр. участников I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.
4. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : сб. тр. участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447-448.
5. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.
6. Sokolovsky, S. P. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga //

Information Systems and Computer Modeling : selected papers of the XIX International scientific and methodological conference "Information Systems and Computer Modeling" (Voronezh, 14-15 February 2019). – Voronezh, 2019. – P. 639-643.

7. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

8. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20-21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 47-52.

9. Соколовский, С. П. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / С. П. Соколовский, Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

10. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / С. П. Соколовский [и др.] // Технические и технологические системы : сб. тр. участников IX Междунар. научной конф. "Технические и технологические системы" (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117-121.

11. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов, С. Л. Катунцев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2018. – № 3. – С. 239-248.

12. Sokolovsky, S. P. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / S. P. Sokolovsky, R. V. Maximov, A. L. Gavrilov // CEUR Workshop Proceedings : conference proceedings "Secure information technologies 2017 (BIT 2017)" (Moscow, 6-7 December 2017) – Moscow, 2017. – P. 88-92.

13. Разработка программного обеспечения для оценки бескомпроматности средств сетевой защиты / С. П. Соколовский [и др.] // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XVIII Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 91-96.

14. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.17 ; опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

15. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2680038 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/00, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018101596 ; заявл. 16.01.18 ; опубл. 14.02.19, Бюл. № 5. – 22 с.

16. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2682432 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018110755 ; заявл. 26.03.18 ; опубл. 19.03.19, Бюл. № 8. – 33 с.

17. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2686023 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/55, H 04 L 29/06 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018120288 ; заявл. 31.05.18 ; опубл. 23.04.19, Бюл. № 12. – 26 с.

18. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2690749 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/60, H 04 L 12/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018118912 ; заявл. 22.05.18 ; опубл. 05.06.19, Бюл. № 16. – 25 с.

19. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

20. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 97-102.

21. Соколовский, С. П. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, А. В. Волков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 70-73.

22. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

23. Соколовский, С. П. Нейросетевая реализация модуля выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения / С. П. Соколовский, А. В. Душкин // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 123-126.

24. Соколовский, С. П. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

25. Соколовский, С. П. Модель функционирования системы распознавания угроз безопасности информационно-телекоммуникационной системе / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, С. В. Скрыль // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – № 12. – С. 167-170.

26. Соколовский, С. П. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр // Информация и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 305-308.

27. Моделирование системы конфликтных взаимодействий в информационной системе критического применения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 4. – С. 74-84.

28. Устройство выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему [Текст] : пат. 2506644 Российская Федерация : МПК G 08 B 29/00, H 04 L 12/22 / Соколовский С. П., Усов Н. А. ; заявитель и патентообладатель Военн. авиационн. инженерн. унив-т. – № 2012109435/08 ; заявл. 12.03.12 ; опубл. 10.02.14, Бюл. № 4. – 10 с.

Анализ алгоритмов моделей данных для аутентификации на основе клавиатурного ритма

Е.Н. Нагула, email: nagula.helen@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы биометрической идентификации пользователей и возможность применение детекторов аномалий на базе искусственных нейронных сетей для анализа динамики клавиатурного ритма пользователей с целью идентификации в системе. Предметом исследования является методика использования искусственных нейронных сетей в задачах биометрической идентификации.*

Ключевые слова: *выявление нетипичного поведения, выявление аномалий, искусственные нейронные сети, биометрическая идентификация, анализ клавиатурного ритма.*

Введение

Опираясь на теоретические исследования многих ученых, в частности В.П. Андрущенко, В.Ю. Быкова, М.И. Жалдака, В. Кинелев, К.К. Колени, В. Кремня, Н.В. Морзе, С.А. Ракова, Ю. Рамский, С.А. Семериков, А.Н. Спирина, Ю.В. Триус, среди важных тенденций в развитии образования в информационном обществе можно выделить создание информационного образовательной среды на базе достижений научно-технического прогресса в области информационно-коммуникационных технологий.

В частности, В.Ю. Быков, М. П. Шишкина, А. Н. Спирин, Ю. Г. Запорожченко, В.П. Олексюк, исследуя проблематику информатизации образования, отмечают, что развитие технологий облачных вычислений, сервисоадаптивных информационно-коммуникационных сетей, средств виртуального и мобильного обучения является важным шагом на пути решения проблем доступности и качества обучения, что меняет представление об инфраструктуре организации процесса обучения.

Одним из направлений совершенствования таких сервисов является внедрение качественных и удобных систем идентификации учащихся в отдаленной виртуальной среде. Если система аутентификации позволяет обеспечить допуск или не допуск пользователя в среду, система идентификации позволяет утверждать о,

© Нагула Е.Н., 2020

например, самостоятельности выполнения задач определенным пользователем.

Биометрические технологии идентификации обычно подразделяют на физиологические (отпечаток пальцев, лицо, сетчатка глаза) и поведенческие (подпись, клавиатурная динамика). Вместе с распространением интернет-технологий в различные области деятельности и необходимости удаленной идентификации пользователей наблюдается значительный рост интереса к поведенческой биометрии. Это является следствием простоты использования сервисов конечным пользователем, прозрачности и большого количества потенциальных способов применения.

Биометрика клавиатурного ввода (keystroke biometrics, keystroke dynamics) – метод автоматической аутентификации / идентификации, основанный на распознавании паттернов (ритма) клавиатурного набора. В отличие от других биометрических систем, которые могут базироваться на дорогом оборудовании, анализ клавиатурного ввода не требует значительных вложений.

Первые исследования по использованию приобретенных паттернов в клавиатурном введении были проведены Гейнсом еще в 80 годах прошлого века [1]. Эксперимент проводился с небольшой выборкой данных, полученных в результате клавиатурного ввода семи секретарей. Тестирование на статистическую независимость их профилей было проведено с использованием системы T-Test, и гипотезой, что среднее значение времени диграф в различных сессиях одинаковые, но с разной дисперсией. Подобные исследования проводились Леджетом [2] с участием 17-ти программистов, однако с другим подходом к идентификации. Исследователем использовался так называемый метод непрерывной идентификации, когда анализ клавиатурного ввода проводился на протяжении всей рабочей сессии.

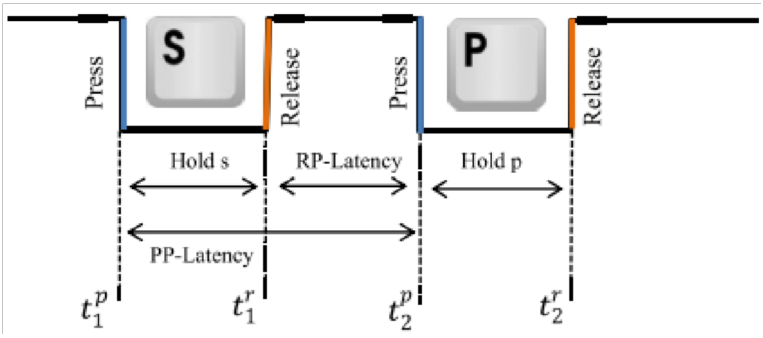
Большинство современных алгоритмов идентификации с помощью анализа клавиатурного ввода базируется на методах выявления нетипичного поведения, аномалий. Выявление нетипичного поведения в системе является задачей нахождения паттернов (шаблонов) в данных, которые не соответствуют «нормальной» модели, т.е. ожидаемому поведению. Нетипичное поведение системы в литературе по анализу данных и статистики также упоминается как аномальность, отклонение, выброс (outlier). Hawkins D. в [3] формально определяет концепцию выброса так: «Выброс - это наблюдение, которое отклоняется настолько от других наблюдений, что возникают подозрения, что он был рожден другим механизмом».

1. Анализ клавиатурного ритма

В большинстве информационных систем данные создаются в одном или более генеративных процессов, и по ним можно отображать активность в системе или наблюдения за сущностями. Когда генеративный процесс протекает «необычным способом», это является результатом создания выбросов или аномалий. В этих программных приложениях данные связываются «нормальной» моделью и аномалии распознаются как отклонение от этой нормальной модели. Это достаточно просто выполнить для систем, в которых поведение может быть определено с помощью простых математических моделей - например, системы, характеризующиеся распределением Гаусса с известным средним и стандартным отклонением.

Однако, наиболее интересные системы реального мира сложно меняются во времени. Для изучения характеристик таких систем, на основе наблюдаемых данных, пригодятся методы машинного обучения и искусственные нейронные сети.

В общем случае биометрическая идентификация на основе анализа клавиатурного ритма включает 2 фазы. Первая фаза - этап сбора данных и построения модели. При неоднократном вводе пользователем определенной парольной фразы фиксируется набор признаков - время между последовательными нажатиями отдельных клавиш, время удержания клавиш (рис. 1). Также могут фиксироваться порядок использования специальных клавиш, способ исправления ошибок. На основе этих признаков строится определенная модель.



Press-Press (Keydown - Keydown) - время между последовательными нажатиями, Release-Press (Keyup - Keydown) - время между отпуском клавиши и нажатием следующей, Hold - время удерживания клавиши

Рис. 1. Наиболее популярные признаки, применяемые в моделях динамики клавиатурного введения

На этапе тестирования, при введении парольной фразы определяется степень нормальности или аномальности полученных данных согласно разработанной предварительно модели. На основе этого показателя делается предположение о том, что данное тестовое введение было проведено тем же лицом, на данных клавиатурной динамики которой разрабатывалась предыдущая модель, или злоумышленником, в случае попытки подмены собой оригинального пользователя.

2. Алгоритмы обнаружения аномалий

В течение последнего десятилетия предложено большое количество алгоритмов - моделей данных для аутентификации/идентификации на основе анализа клавиатурного ввода. Проведем обзор популярных алгоритмов.

1. Euclidean

Классический алгоритм обнаружения аномалий. Каждый клавиатурный ввод пароля моделируется точкой в p-мерном пространстве, где p - количество признаков во временном векторе. Модельные данные рассматриваются как облако точек, и вычисляется степень аномальности тестового вектора, основываясь на его удаленности от центра этого облака. Формально говоря, во время подготовительной фазы определяется средний вектор временных векторов выборки. В тестовой фазе степень аномальности определяется как квадрат евклидового расстояния между тестовым вектором и средним вектором.

2. Euclidean (normed)

Нормализованный бинарный классификатор на базе метрики минимального размера. В подготовительной фазе средний вектор определяется как в стандартном евклидовом детекторе. Степень аномальности определяют «нормализуя» квадрат евклидового расстояния между тестовым и средним вектором путем деления на произведение норм этих двух векторов:

Если x - средний вектор, y - тестовый вектор, то степень аномальности:

$$score = \frac{d}{\|x\|\|y\|} \quad (1)$$

3. Manhattan

Модель похожа на стандартный евклидовый детектор, однако вместо евклидовой метрики расстояния используется манхеттеновское расстояние (расстояние городских кварталов).

4. Manhattan (filtered)

В подготовительной фазе вычисляется средний вектор и стандартное отклонение каждого признака. Любой временной вектор, который отличается более чем на три стандартных отклонения от среднего, удаляется из выборки и исчисляется новый средний вектор, уже без этих экстремальных признаков. В тестовой фазе манхеттеновское расстояние от этого нового вектора является мерой аномальности.

5. Manhattan (scaled)

Мера аномальности исчисляется подобно манхеттеновской, однако каждое измерение масштабируется на среднюю величину абсолютного отклонения каждого признака от среднего значения:

$$\sum_{i=1}^{p} \frac{|x_i - y_i|}{a_i} \tag{2}$$

где a_i – среднее абсолютное отклонение признака.

6. Mahalanobis

Мера расстояния в этой модели более сложная в отличии от евклидовой. Учитывается корреляция между признаками. Во время подготовительной фазы исчисляются средний вектор и ковариационная матрица временных векторов. В тестовой фазе мере аномальности вычисляют как расстояние Махаланобиса между средним и тестовыми векторами:

$$(x - y)^T S^{-1} (x - y) \tag{3}$$

7. Ближайших соседей (Nearest-neighbor)

В этой модели меру аномальности вычисляют как расстояние Махаланобиса между тестовым вектором и ближайшим вектором с подготовительной выборки.

8. Подсчет выбросов (Outlier-counting)

Статистический метод. Во время подготовительной фазы вычисляется среднее значение и стандартное отклонение каждого временного признака. В тестовой фазе исчисляется абсолютное значение $z-score$ каждого признака по формуле:

$$\frac{|x_i - y_i|}{s_i} \tag{4}$$

где x_i, y_i - i-е признаки среднего и тестового векторов соответственно; s_i - стандартное отклонение от подготовительной фазы.

Мера аномальности рассчитывается как количество $z-score$, превысивших определенный пороговый уровень.

9. Нейронная сеть (стандартная)

Детектор описан Хайдером [4] и построен на базе искусственной нейронной сети прямого распространения с «обучением» с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

В сети содержится p входных нейронов (по количеству признаков - длиной временного вектора), один выходной нейрон и

$$2p/3 \tag{5}$$

скрытых нейронов.

Детектор «натренирован» выдавать 1 на каждом обучающем примере (сеть «учится» только на «нормальных» данных, то есть, данных оригинального пользователя). В течение тестовой фазы степень нормальности исчисляется как

$$1-s \tag{6}$$

где s - величина, полученная на выходе сети.

Если s приближается к 1.0 - тестовый вектор «подобный» векторам с «обучающего» набора.

Заключение

В результате исследования и сравнения алгоритмов была реализована сводная таблица, которая использует такие оценки, как equal-error rate и zero-miss false-alarm rate. Для вычисления equal-error rate порог выбран таким образом, чтобы рейтинг пропусков и ложных срабатываний были равными. Для вычисления zero-miss false-alarm rate порог выбран так, чтобы количество ложных срабатываний была минимальной по количеству пропусков, равной нулю.

Результаты сравнения различных алгоритмов представлены в таблице.

Как видно из таблицы, при использовании даже алгоритма, находящегося на первом месте в режиме 100 процентного выявления паролей, введенных злоумышленником, доля ложных срабатываний (пароль введен оригинальным пользователем, однако отклонен системой) составляет от 47%.

Это составляет неудобство для пользователей, заставляя их повторно вводить пароль. Поэтому все рассмотренные алгоритмы являются недостаточно эффективными при решении заданной задачи и требуют доработки. Либо требуется использование иного подхода или алгоритма.

Таблица

Средние значения Equal Error Rate и Zero-miss Rate

Алгоритм	Equal Error Rate	Zero-miss Rate
Manhattan (scaled)	0.096	0.468
Nearest Neighbor	0.100	0.468
Outlier Count (z-score)	0.102	0.782
SVM (one-class)	0.102	0.504
Mahalanobis	0.110	0.482
Mahalanobis (normed)	0.110	0.484
Manhattan (filter)	0.136	0.757
Manhattan	0.153	0.843
Euclidean	0.171	0.875
Euclidean (normed)	0.215	0.911
k-Means	0.372	0.989
Neural Network (standard)	0.828	1.000

Список литературы

1. Gaines, R. Authentication by keystroke timing: some prelimary results / R. Gaines, W. Lisowski, S. Press – Santa Monica : RAND Corporation, 1980. – 51 с.
2. Leggett, J. Verifying identity via keystroke characteristics / J. Leggett, G. Williams // International Journal of Man-Machine Studies. – London : Acadenmic Press Ltd, 1988. – С. 67-76.
3. Hawkins, D. Identification of Outliers / D. Hawkins – Springer Netherlands, 1980. – 188 с.
4. Haider, S. A multi-technique approach for user identification through keystroke dynamics / S. Haider, A. Abbas, A.K. Zaidi // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybenetics, 2000. – С. 1336–1341.
5. Большев, А.К. Применение нейронных сетей для обнаружения вторжений в компьютерные сети / А.К. Большев, В.В. Яновский // Вестник Санкт-Петербургского университета. – СПб., 2009. – №4. – С. 38-44.
6. Kevin, S. Comparing Anomaly-Detection Algorithms for Keystroke Dynamics / S. Kevin // IEEE, 2009. – С. 125-134.

Использование технологии виртуальных частных сетей для обеспечения безопасности информации в системах военного управления

С.А. Никулин, e-mail: Nikulin1958@bk.ru
В.Н. Кармнов, e-mail: VAIU71@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной статье рассматривается вариант использования VPN технологий при организации информационного обмена в системах военного управления.*

Ключевые слова: *частные виртуальные сети, целостность, доступность, конфиденциальность.*

Введение

В настоящее время актуальной становится задача безопасного межсетевого информационного взаимодействия должностных лиц органов военного управления при обмене оперативной информации или передачи срочных сигналов оповещения через сети связи общего пользования. При этом, необходимо решать две основные задачи: предотвращение несанкционированных воздействий с внешней стороны и защита информации.

Одним из вариантов обеспечения безопасности информационного обмена через открытые сети между корреспондентами является организация виртуальных «туннелей», позволяющей сформировать безопасное информационное пространство между локальными сетями и отдельными компьютерами, объединёнными через открытую среду передачи информации. Это достигается использованием сервисов безопасности, обеспечивающих целостность, доступность и конфиденциальность информации [1].

Оргкомитет Международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технология» рад приветствовать своих участников и потенциальных участников. Данный документ представляет собой шаблон оформления и описание требований оформления работ для участников данной конференции.

© Никулин С.А., Кармнов В.Н., 2020

1. Организация виртуальных «туннелей» как способ безопасного межсетевого взаимодействия локальных сегментов распределенной инфокоммуникационной системы

В настоящее время актуальной становится задача безопасного межсетевого взаимодействия локальных сегментов распределенных инфокоммуникационных систем (ИКС), при этом, Интернет становится основной коммуникационной средой для передачи данных [2]. Вместе с тем, угрозы информационной безопасности могут привести к нарушению целостности, доступности и конфиденциальности данных.

В этих условиях защита внутренних информационных ресурсов от внешних угроз становится актуальной задачей для инфраструктуры, взаимодействующей с глобальными сетями.

Одним из путей решения задачи защиты информационных ресурсов, их сегментации и подключения к внешним сетям, является применение межсетевых экранов (МСЭ), которые проводят проверку трафика на соответствие установленных администратором правил защиты и являются единственной точкой входа, соединяющей защищаемую ИКС с внешней средой. На практике, современные МСЭ интегрируют в себя множество функций, одной из которых является создание виртуальных частных сетей. Однако, необходимо помнить, что МСЭ, решающие функцию туннелирования, в случае добавления модуля шифрования увеличивают стоимость проектного решения в пересчете на одно рабочее место и при этом возникает зависимость производительности от аппаратного обеспечения МСЭ. Кроме того, вариант использования МСЭ на базе ПЭВМ подходит только для небольших сетей с ограниченным объемом передаваемой информации, в этом случае, предпочтительнее использовать продукт Firewall-1, компании Check Point Software Technologies.

Технология виртуальных частных сетей VPN позволяет эффективно решать задачу обеспечения безопасности информационного обмена через открытые сети между корреспондентами распределенной инфокоммуникационной системы военного назначения. Технология VPN обеспечивает связь между сетями, а также между удаленным пользователем и корпоративной сетью с помощью защищенного канала (туннеля), «проложенного» в общедоступной сети Интернет.

Преимущества, получаемые любой организацией, в том числе и военной, от создания таких виртуальных туннелей, заключаются прежде всего в значительной экономии финансовых средств, поскольку появляется возможность отказаться от построения или аренды дорогих выделенных каналов связи для создания собственных сетей и использовать для этого дешевые Интернет-каналы, надежность и

скорость передачи которых в большинстве своем уже не уступает выделенным линиям. Очевидная экономическая эффективность от внедрения VPN-технологий стимулирует любую организацию к активному их внедрению.

Туннельный режим устанавливается для шлюзов и является, по существу, IP-туннелем с аутентификацией и шифрованием. Это наиболее распространенный режим функционирования. Он необходим при коммуникациях типа «шлюз-шлюз» и «хост-шлюз» [3].

Туннель VPN представляет собой соединение, организуемое через открытую сеть, по которой передаются криптографически защищенные IP- пакеты сообщений. В VPN-сетях используются различные схемы шифрования и аутентификации, которые обеспечивают защиту данных. Чтобы обеспечить конфиденциальность передаваемых данных, отправитель шифрует исходные пакеты, упаковывает их во внешний пакет с новым IP-заголовком и отправляет по транзитной сети.

Именно шифрование позволяет скрыть интернет-активность пользователей от посторонних глаз и не дает противнику завладеть конфиденциальной информацией.

Защита информации в процессе ее передачи по туннелю VPN основана:

– на криптографическом шифровании передаваемых данных;
– на аутентификации взаимодействующих сторон;
– проверке подлинности и целостности доставляемой информации.

Для этих функций характерна взаимосвязь друг с другом. При их реализации используются криптографические методы защиты информации. Эффективность такой защиты обеспечивается за счет совместного использования симметричных и асимметричных криптографических систем.

При использовании VPN -шифрования компьютеры на обоих концах «интернет-туннеля» шифруют и дешифруют данные: при этом введенная на одном конце информация шифруется, а на другом конце дешифруется с помощью ключа. Однако пара ключей — не единственный способ, который использует VPN для шифрования данных. Многое зависит от того, как работает VPN -шифрование, какой используется тип алгоритма шифрования и шифра, какой тип шифрования используется для аутентификации, какие используются протоколы обмена ключами и в целом — какой используется VPN-протокол.

В первую очередь, приступая к организации VPN – туннелирования, необходимо выбрать VPN-Сервис, который предлагает различные

протоколы, например, OpenVPN или IPSec. Анализ показывает, что OpenVPN является одним из надежных, гибко настраиваемых протоколов шифрования VPN, а также имеет открытый исходный код, а, значит, может публично обновляться и улучшаться. Протокол шифрования OpenVPN включает в себя две составляющих: шифрование канала данных и шифрование канала управления. Шифрование канала данных необходимо для защиты передаваемой информации, а с помощью шифрования канала управления обеспечивается безопасное соединение между устройством и VPN -сервером. Протокол IPSec, работающий на сетевом уровне, также представляет компромиссный вариант. С одной стороны, он прозрачен для приложений, а с другой, может работать практически во всех сетях, так как основан на широко распространенном протоколе IP. Протокол IPSec предусматривает стандартные методы идентификации пользователей или компьютеров при инициализации туннеля, стандартные способы использования шифрования конечными точками туннеля, а также стандартные методы обмена и управления ключами шифрования между конечными точками.

Когда дело доходит до типов VPN -шифрования, важно различать типы алгоритмов шифрования и типы шифров. Как правило, алгоритмы шифрования обычно подразделяются на две категории:

Симметричное шифрование — алгоритм симметричного шифрования основан на идентичных Открытом и Закрытом ключах. Следовательно, этот алгоритм считается самым быстрым. Одним из примеров симметричного шифрования является шифр AES-шифрования.

Асимметричное шифрование — этот тип алгоритма (также известный как криптография с открытым ключом) использует разные ключи для процедур шифрования и расшифровки. Хотя это может быть удобно, это также очень рискованно, поскольку закрытый невозможно восстановить, если он будет утерян. Хорошим примером асимметричного шифрования является протокол RSA. Алгоритм RSA позволяет создать открытый и закрытый ключи, которые математически связаны, так как любая информация, зашифрованная с помощью открытого ключа, может быть расшифрована только с помощью связанного с ним закрытого ключа.

Следует отличать типы алгоритмов от типов шифров, которые используются для выполнения процедуры шифрования и расшифровки. Чтобы избежать взлома шифра, необходимо использовать сложный шифр вместе с сильным ключом шифрования. Поставщики VPN-услуг предлагают различные типы шифров, среди которых можно выделить шифр Blowfish, который обычно предполагает 128-битный ключ, и

шифр RSA с 2048-битным или 4096-битным ключом, который можно использовать для безопасной онлайн коммуникации.

Реализация виртуальной частной сети на практике выглядит следующим образом. В локальной вычислительной сети пункта управления авиационной части устанавливается VPN-сервер. Корреспонденты локальной сети авиационной части или удаленный пользователь (или маршрутизатор, если осуществляется соединение двух пунктов управления) с использованием клиентского программного обеспечения VPN инициирует процедуру соединения с сервером. Происходит аутентификация пользователя - первая фаза установления VPN-соединения. В случае подтверждения полномочий наступает вторая фаза - между пользователем и сервером выполняется согласование деталей обеспечения безопасности соединения. После этого организуется VPN -соединение, обеспечивающее обмен информацией между пользователем и сервером в форме, когда каждый пакет с данными проходит через процедуры шифрования / дешифрования и проверки целостности - аутентификации данных.

Таким образом, связка «туннелирование + аутентификация + шифрование» позволяет передавать данные между двумя точками через сеть общего пользования, моделируя работу частной (локальной) сети.

С учетом приведенного анализа возможностей организации безопасного межсетевого взаимодействия локальных сегментов распределенной инфокоммуникационной системы военного назначения в общедоступной сети, включающей как каналы скоростной передачи данных сети Интернет, так и каналы телефонной сети, сформулируем содержательную часть постановки задачи исследования, которая заключается в следующем.

На основании технологии виртуальных частных сетей VPN разработать проектные решения (варианты), позволяющие эффективно решать задачу обеспечения конфиденциального информационного обмена через открытые сети между корреспондентами системы военного управления.

Исходя из представленной постановки, сформулированную задачу оптимизации процесса обеспечения безопасного информационного обмена целесообразно рассмотреть через различные технические решения межсетевого взаимодействия.

2. Реализация виртуальных защищенных сетей при организации информационного обмена в системе военного управления

Использование VPN технологий (виртуальных частных сетей) при организации информационного обмена позволит объединить территориально-удаленные объекты, работать на базе общедоступной

сетевой инфраструктуры и обеспечить защищённую (закрытую от внешнего доступа) связь при наличии высокоскоростного интернета. Это означает, что корреспонденты общаются в закрытой частной сети, к которой устройства подключаются виртуально – по разным каналам, беспроводным и проводным, и из разных мест. При этом вся передаваемая внутри информация надежно защищается алгоритмами шифрования, которые образуют безопасные туннели. Подключение через VPN позволяет объединить, например, несколько штабов частей и подразделений с территориально-распределенной структурой для обмена информацией.

Для создания VPN соединения используют аппаратное оборудование с сетевыми шлюзами. Подключиться к такому шлюзу можно при наличии компьютера с любой операционной системой, в которую интегрирован VPN-клиент, способный работать с виртуальными портами других сетей на базе протокола TCP/IP. Основное преимущество VPN заключается в том, что такая сеть моментально масштабируется, обеспечивая целостность и конфиденциальность данных, а также аутентификацию пользователей из разных операционных систем. В отличие от обычной сети, VPN подключение делает передаваемую информацию недоступной извне и защищает ее от незаконного использования.

Такие технологии могут быть реализованы в различных технических решениях внутрисетевого взаимодействия между внутри-аэродромными пунктами управления (КП, КДП, СКП, ПУ АТО, ПУ ИАО и т.д.), а также создание межсетевых виртуальных частных сетей с удаленным доступом, например, от КП истребительного полка до пунктов наведения и целеуказания истребительной авиации (ПНЦ *иа*).

Доступ удаленного пункта управления истребительной авиации к ресурсам защищенного сегмента VPN позволяет организовать защищенный канал между удаленным ПНЦ *иа* и локальной сетью должностных лиц КП полка (рис.). Рассмотрим предлагаемое проектное решение.

Организация защиты информации в процессе ее передачи по открытым каналам связи между корреспондентами предлагаемой распределенной инфокоммуникационной системы истребительного авиационного полка и противодействие несанкционированным воздействиям заключается в создании виртуальных «туннелей» между корреспондентами. Туннельный режим устанавливается для шлюзов и является, по существу, IP-туннелем с аутентификацией и шифрованием.

С этой целью криптографический шлюз комплектуется сервером доступа, на котором посредством учетных записей регистрируются

удаленные корреспонденты (до 4-5 пунктов наведения истребительной авиации). Защищенное соединение между удаленным корреспондентом и сервером доступа устанавливается после их успешной взаимной аутентификации, которая осуществляется на основе сертификатов открытых ключей. Посредством такого подхода появляется возможность сопряжения двух локальных серверов сети контроля доступа ПНЦ иа и КП полка через ГИС «Интернет» со скоростью 10 мБит/с и системы передачи данных МО РФ. Для исключения потери скорости выхода в ГИС «Интернет» предлагается установить маршрутизацию через узел ПАО «Ростелеком».

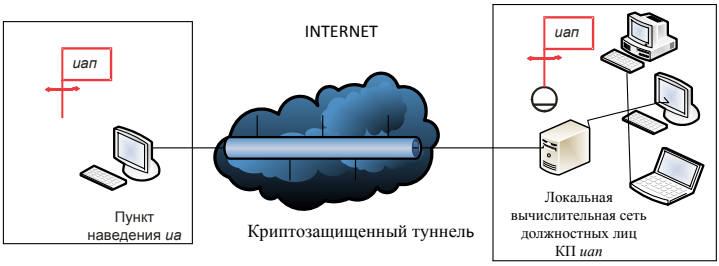


Рисунок. Организация межсетевых виртуальных частных сетей с удаленным доступом

Реализация данной схемы на базе сетевых операционных систем обеспечивает целостность, доступность и конфиденциальность информации.

Заключение

Таким образом, использование VPN технологий на основе аппаратных и программных решений с новейшими алгоритмами и протоколами позволяет организовать защищённую сеть от внешних воздействий, что очень важно при организации конфиденциального обмена информацией.

Практическая реализация предложенных проектных решений на базе сетевых операционных систем позволит обеспечить целостность, доступность и конфиденциальность информационного обмена между должностными лицами военного управления.

Список литературы

1. Давыдов, А. Е., Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем / А. Е. Давыдов, Р. В. Максимов, О. К. Савицкий; Москва: ОАО «Воентелеком, 2015.–520с.

2. Максимов, Р. В. Защита информации от технических средств разведки в системах связи и автоматизации: учебное пособие ч. 2 / Р. В. Максимов, А. В. Павловский, И. Ю. Стародубцев; Военная академия связи. – С.-Пб:, 2010. – 128 с.

3. Никулин, С. А. Оценка эффективности информационного обеспечения безопасности информации в АСУ специального назначения / С. А. Никулин, Р. А. Хворов // Эффективность автоматизированных систем управления, систем связи и радиотехнического обеспечения: Труды 6 НИУ НИЦ ЦНИИ ВВС МО РФ, 2015. - №111, ч.1. –С.119-128.

4. Никулин, С.А. Совершенствование системы информационного обмена между должностными лицами военного управления / С. А. Никулин, Д. В.Никулин // Молодежные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина: сб. тр.VI Межвузовской научно-практической конференции курсантов и слушателей. – ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 88-90.

5. Никулин, С. А. Практическая реализация виртуальных защищенных сетей при организации информационного обмена / Д. В. Никулин, В. Н. Кармнов // Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией: сб. тр. VIII Международной научно-практической конф., посвященной 100-летию образования войск связи. – ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 102-106

Методы совмещения результатов аэрофотосъемки и цифровой карты местности

С. В. Новикова, e-mail: qsvetlana@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе проанализировано совмещение изображения и цифровой карты местности методами пространственных преобразований и проведено сравнение поведения алгоритмов совмещения с учетом влияния на изображение сцены геометрических искажений. Для анализа выбраны алгоритмы расчета матриц трансформирования среды инженерных вычислений MATLAB.*

Ключевые слова: *цифровая карта местности, совмещение изображений, полиномиальные преобразования, аффинное, линейно-конформное, проективное.*

Введение

Необходимость создания более эффективных систем определения местоположения на современном этапе, обуславливается рядом объективных причин. Навигация летательных аппаратов, основанная на информации, полученной со спутников, может отказать, если возникнут обстоятельства, когда сигнал недоступен или потерян, этим обусловлено использование инерциальных бесплатформенных навигационных систем [1]. Разработка систем, основанных на сопоставлении текущего фотоснимка местности, сформированного с борта беспилотного летательного аппарата и цифровой карты местности (ЦКМ) является актуальной задачей. Для ее успешного выполнения, а так же в интересах повышения вероятности обнаружения объектов целесообразно проводить анализ участков местности на изображениях, совмещенных с ЦКМ [2].

На качество изображений в реальном мире влияет много природных и техногенных факторов. Это и метеорологические условия – туман, задымленность, а так же время суток и угол наклона камеры. Таким образом, один и тот же участок местности зачастую сильно отличается от изображения на ЦКМ. Возникающие геометрические (линейные и нелинейные) искажения требуют коррекции для последующего анализа. Необходимо установить соответствие между различными элементами исходных изображений. Задача сводится к

© Новикова С.В., 2020

выделению сопряженных (по другому опорных или реперных) точек на изображении, по которым можно осуществить совмещение изображения местности и ЦКМ [3].

Целью работы является анализ матрицы трансформирования, полученной в результате совмещения изображения с ЦКМ, при наложении геометрических искажений на изображение местности и проведение анализа поведения алгоритмов совмещения.

1. Особенности реализации алгоритмов совмещения изображений с ЦКМ

Изображения местности являются результатом комплексирования данных, полученных от различных бортовых систем - радиолокационных, оптических и других. Совмещение разнородных изображений и привязка к эталонному порождает такие важные задачи как: геометрическая и яркостная коррекции, а также перевод исходных координат (обычно локально - прямоугольных) в конечные (обычно спроектированные - прямоугольные). Часто информация о съемочной системе отсутствует. В этом случае для совмещения изображений используют параметрические методы, которые основаны на самых общих предположениях о съемке.

Процесс совмещения, как правило, сводится к построению пространственного преобразования, при котором обеспечивается наилучшая близость некоторого множества контрольных (реперных) точек. С помощью этих точек строится матрица трансформирования, представляющая собой таблицу коэффициентов взаимосвязи исходной сетки координат с расчетной, которая обычно аппроксимируется полиномами n-й степени. Решение задачи трансформирования сводится к нахождению коэффициентов системы уравнений:

$$\begin{aligned} x' &= a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 + \ldots + a_p y^m \\ y' &= b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 x^2 + b_4 xy + b_5 y^2 + \ldots + b_p y^m \end{aligned} \qquad (1)$$

где *(x,y)* - координаты точек на ЦКМ, *(x',y')* - соответствующие им координаты на текущем (сопоставляемом) снимке, *(a,b)* коэффициенты матрицы трансформирования.

Сложность полиномиальных формул, выраженная порядком полинома, зависит от искажения изображения, количества контрольных точек и их размещения относительно друг друга. Преобразование первого порядка (аффинное) осуществляет параллельный перенос, изменяет масштаб, поворот, зеркальное отражение или их сочетания. Его можно применять для проектирования исходных изображений в

картографическую проекцию, преобразования проекций и трансформирования сравнительно небольших областей изображения.

Для выполнения аффинного преобразования необходимо найти 6 коэффициентов – по три на каждую координату.

$$\begin{aligned} x' &= a_0 + a_1 x + a_2 y \\ y' &= b_0 + b_1 x + b_2 y \end{aligned} \tag{2}$$

В случае, когда изображения, полученные от разноспектральных датчиков, содержат проективные искажения, их описывают дробно-линейными функциями, содержащими 8 неизвестных параметров. Выражение для учета проективных преобразований имеет вид:

$$\begin{cases} x = \dfrac{h_{11}x' + h_{12}y' + h_{13}}{h_{31}x' + h_{32}y' + h_{33}} \\ y = \dfrac{h_{21}x' + h_{22}y' + h_{23}}{h_{31}x' + h_{32}y' + h_{33}} \end{cases} \tag{3}$$

где *(x,y)* - координаты точек на ЦКМ, *(x',y')* - соответствующие им координаты на текущем (сопоставляемом) снимке. В матричной форме (в однородных координатах):

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} h_{12} h_{13} \\ h_{21} h_{22} h_{23} \\ h_{31} h_{32} h_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} \tag{4}$$

Правильный выбор контрольных точек и их количества – важный этап при осуществлении совмещения изображений. Изображения могут быть некорректно совмещены при неудачном выборе точек. Надежно идентифицируемые точки обычно часто располагаются рядом в информативных частях изображения. Но так же на изображениях присутствуют места, на которых неявно обозначены совмещаемые участки, например лесные массивы, поля, участки гладких рельефов местности и др. Именно эти малоинформативные области чаще всего подвержены ошибкам. Увеличение числа контрольных точек в этих областях, как следствие, приводит к существенным различиям при совмещении.

2. Оценка эффективности совмещения изображения и ЦКМ

Для оценки эффективности совмещения изображения и ЦКМ с помощью линейно-конформного (2 реперные точки), аффинного (3 реперные точки) и проективного (4 реперные точки) преобразований осуществлялось совмещение аэрофотоснимка и ЦКМ одного участка

местности. На рисунке 1 представлены изображение и сопоставляемый участок на ЦКМ.

а б

а – изображение, б - сопоставляемый участок на ЦКМ

Рис. 1. Фотоснимок и сопоставляемый участок на ЦКМ

На снимке и карте выбирались последовательно множество пар контрольных точек по 2, 3 и 4 точки. К каждому множеству точек применялись соответственно линейно-конформные, аффинные и проективные преобразования и рассчитывались матрицы трансформирования. Затем выбирались точки на снимке и с помощью матриц трансформирования рассчитывались соответствующие им точки модели.

В качестве оценки качества совмещения используется среднеквадратичное отклонение (Root Mean Square Error - RMSE) – евклидово расстояние между выбранной точкой и расчетным значением точки с помощью, полученной матрицы трансформирования. RMSE показывает насколько точно, используемое преобразование позволяет приблизить исходную точку к конечной и служит показателем ошибки трансформирования. Выражение для среднеквадратичного отклонения имеет вид:

$$RMSE = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2} \qquad (5)$$

где (x_i, y_i) - исходные координаты, (x_r, y_r) – расчетные координаты.

Далее изображение подвергалось геометрическому искажению (поворот) и опять производились вычисления. В результате были

получены ошибки преобразования для различных геометрических искажений и примененных к ним преобразований (линейно-конформного - частный случай аффинного, аффинного и проективного).

Расчеты производились в среде инженерных вычислений MATLAB. Большой набор инструментов для работы с изображениями содержится в пакете Image Processing Toolbox. В этом пакете предоставлен обширный набор эталонных алгоритмов и графических инструментов для обработки, анализа, визуализации изображений и разработки алгоритмов. Здесь реализованы функции для геометрических преобразований: вращение, уменьшение размера, кадрирование, а так же аффинные и проекционные. Поддерживается совмещение изображений по ключевым точкам и на основе яркости [4].

В результате эксперимента получены массивы, содержащие среднеквадратичные отклонения для трех видов преобразований. Результаты ошибок преобразования при линейно конформном, аффинном и проективном представлены на рисунке 2. По горизонтали расположены значения геометрических искажений изображения углы от 0^0 до 60^0 с шагом 5^0, по вертикали значения RMSE.

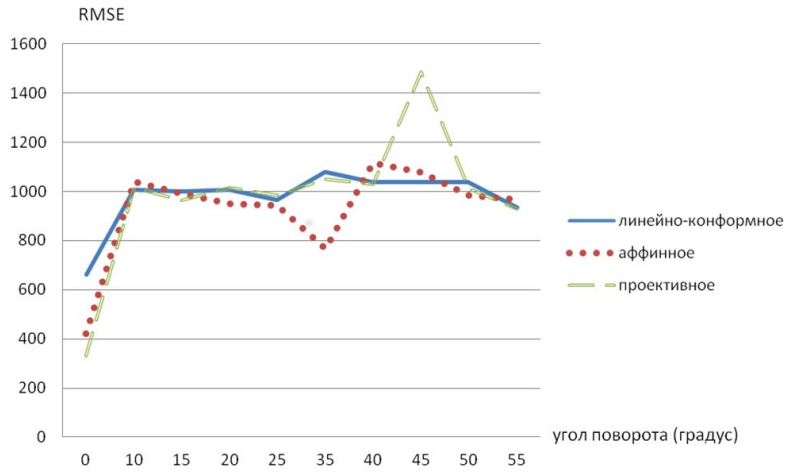


Рис. 2. График зависимости ошибок трансформирования от угла поворота изображения

На графиках видно, что при применении линейных искажений наилучший результат показал метод линейно-конформного преобразования. Функция зависимости RMSE от угла поворота

изображения в результате линейно-конформных преобразований имеет наименьшее количество экстремумов, т.е. наименее зависима от линейных искажений.

Заключение

Из полученных результатов следует, что при плоских линейных искажениях достаточно использовать линейно-конформное преобразование, при этом достигается наилучший результат, т.е. ошибка трансформирования здесь имеет более устойчивый характер. Вместе с тем, если при использовании данного преобразования возникает большая среднеквадратичная ошибка, то не следует увеличивать сложность преобразования, но необходимо проверить качество контрольных точек, их расположение. Так при расстановке точек, оператору следует выбирать наиболее информативные участки, такие как изгибы рек, перекрестки дорог и другие.

Использование проективных преобразований целесообразно для корректировки нелинейных искажений, возникающих на изображении большого масштаба в силу кривизны земной поверхности.

Список литературы

1. Лунев, Е. М. Программно-алгоритмическое обеспечение для определения навигационных параметров беспилотного летательного аппарата на базе фотоизображения / Е. М. Лунев, Н. В. Павлова // Вестник МАИ. – 2009. – Т. 16, №6. – С. 111–119.

2. Пуртов, И. С. Исследование методов и разработка алгоритмов обработки видеоинформации в задачах локализации положения БЛА на основе распознавания изображений при помехах и искажениях / И. С. Пуртов, Д. П. Синча // Труды МАИ. – 2012. – № 52. – С. 90–95.

3. Обработка данных дистанционного зондирования Земли: практические аспекты : учебник / В. Г. Коберниченко [и др.] ; отв. ред. В. Г. Коберниченко. – Екатеринбург : Урал. ун-т, 2013. – 168 с.

4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Гонсалес, Р., Вудс Р., Эддинс С. М. : Техносфера, 2006. – 616 с.

Вычисление метрик объективной оценки качества медицинских изображений крови

О. В. Пелехоца
Д. С. Батищев, e-mail: batishchev@bsu.edu.ru
В. М. Михелев

Белгородский государственный национальный исследовательский университет «БелГУ»

Аннотация. *Данная статья посвящена проблеме определения качества медицинских изображений. Сейчас многие цифровые медицинские аппараты представляют выходные данные в виде цифрового снимка, и в силу различных факторов изображения могут быть расфокусированы, зашумлены, иметь другие недостатки, которые препятствуют нормальному анализу человеку или алгоритмам компьютерного зрения. Авторы описывают несколько метрик, подходящих для определения качества медицинских изображений: меры размытости, сегментации, энтропии, резкости, уровня шумов. Вычислив данные меры для интересующего изображения можно предположительно сказать, насколько изображение подходит для анализа человеческим глазом или алгоритмами компьютерного зрения.*

Ключевые слова: *обработка изображений; компьютерное зрение; качество изображений.*

Введение

Ранжирование изображений по их качеству является одной из наиболее распространенных проблем во многих областях прикладной науки и техники. Медицина не является исключением – при обследовании пациентов генерируются существенные объемы визуальных данных, которые сложно анализировать одновременно. Предварительная обработка этих данных путем извлечения лучших изображений для дальнейшей диагностики может сэкономить время для отбора подходящих изображений. Так же можно разработать улучшающие качество фильтры, которые сделают данные изображения более удобными для человека или алгоритмов компьютерного зрения.

В данной работе рассматривается качество как характерная для изображения характеристика, воспринимаемая средним человеком-наблюдателем.

© Пелехоца О. В., Батищев Д. С., Михелев В. В., 2020

Практическая цель - найти ограниченный набор функций, которые описывают воспринимаемое качество. Такой набор является первым шагом в решении практической задачи разработки инструмента вычисления качества медицинских изображений, а также инструмента, улучшающего их качество.

1. Мера размытости

Даже частично размытое изображение влияет на восприятие качества. Именно рассматривается размытость как важный фактор восприятия качества изображения. В этой работе используется две разные меры размытия.

Первый, описанный Ф. Критом и Т. Долмиром [10], использует фильтр нижних частот и основан на принципе, согласно которому уровень серого цвета соседних пикселей в менее размытом изображении изменяется с большей вариацией, чем в его размытой копии. Таким образом, они рассчитывают абсолютную разность D по вертикали и горизонтали для соседних пикселей в исходных и размытых изображениях (1,2):

$$D_{ver(x,y)} = \left| I(x,y) - I(x-1,y) \right|, x = 2 \ldots w, y = 1 \ldots h \quad (1)$$

$$D_{hor(x,y)} = \left| I(x,y) - I(x,y-1) \right|, x = 1 \ldots w, y = 2 \ldots h \quad (2)$$

где $I(x,y)$ - значение интенсивности в пикселе (x,y), h, w - высота и ширина изображения.

После этого необходимо вычислить вариативность соседних пикселей до и после размытия: если разница велика, исходное изображение считается достаточно резким. В вычислении вариативности участвуют только уменьшающуюся разницу, отсюда V для вертикального и горизонтального направлений (3):

$$V_{ver}(x,y) = max\left(0, D_{ver(x,y)} - D_{B_{ver}(x,y)}\right), \quad x = 1 \ldots w-1, y = 0 \ldots h-1 \quad (3)$$

где $D_{B_{ver}(x,y)}$ - модуль разницы для размытого изображения B.

Наконец, размытость для вертикального направления вычисляется:

$$F_{blur_{ver}} = \frac{\sum_{x,y=1}^{w-1,h-1} D_{ver(x,y)} - \sum_{x,y=1}^{w-1,h-1} V_{ver(x,y)}}{\sum_{x,y=1}^{w-1,h-1} D_{ver(x,y)}} \quad (4)$$

Горизонтальная размытость рассчитывается таким же образом. В качестве окончательной меры размытия выбирается максимум : $F_{blur} = max\left(F_{blur_{hor}}, F_{blur_{ver}}\right)$. Далее - F_{blur_1}.

Еще одна мера размытости была представлена Мин Гу Чой [6], основанная на выделении краев с использованием градиента интенсивности. Авторы определяют значение модуля разности пикселей по горизонтали и вертикали, вычисляемое как разность между его левым и правым или верхним и нижним соседними пикселями. Затем они получают средние горизонтальные и вертикальные абсолютные разности $D_{hor_{mean}}$ для всего изображения, как в (5).

$$D_{hor_{mean}} = \frac{1}{wh}\sum_{x=1}^{w}\sum_{y=2}^{h-1}\left|\left(x, y-1\right) - I\left(x, y+1\right)\right| \tag{5}$$

Затем каждое значение пикселя сравнивается со средними значениями модуля горизонтальной разности, вычисленными для всего изображения, чтобы выбрать потенциальные граничные пиксели как $C_{hor}\left(x, y\right)$:

$$C_{hor}\left(x, y\right) = \begin{cases} D_h\left(x, y\right), \text{ если } D_h\left(x, y\right) > D_{hor_{mean}} \\ 0, \text{ в остальных случаях} \end{cases}, \tag{6}$$

Если потенциальный пиксель $C_{hor}\left(x, y\right)$ имеет модуль горизонтального значения больше, чем его горизонтальные соседи, этот пиксель будет классифицирован как краевой пиксель $E_{hor}\left(x, y\right)$, как показано в (7).

$$E_{hor}\left(x, y\right) = \begin{cases} 1, \text{ если } C_{hor(x,y)} > max\left(C_{hor(x,y-1)}, C_{hor(x,y+1)}\right), \\ 0, \text{ в остальных случаях} \end{cases} \tag{7}$$

Каждый краевой пиксель проверяется, чтобы определить, соответствует ли он размытому краю или нет. Во-первых, горизонтальная размытость пикселя вычисляется согласно (8).

$$E_{hor}\left(x, y\right) = \begin{cases} 1, \text{ если } C_{hor(x,y)} > max\left(C_{hor(x,y-1)}, C_{hor(x,y+1)}\right), \\ 0, \text{ в остальных случаях} \end{cases} \tag{8}$$

Вертикальное значение получается таким же образом, выбирается максимум из двух значений для окончательного решения. Пиксель

считается размытым, если его значение превышает предопределенный порог (например, 0.1, вычисляется эмпирически).

$$B(x,y)=\begin{cases}1, если\ \max\left(Blur_{hor}(x,y), Blur_{ver}(x,y)\right)>0.1 and\\ 0,\ в остальных случаях\end{cases} \quad (9)$$

Наконец, результирующая мера размытия для всего изображения называется инвертированной размытостью и вычисляется как отношение количества пикселей с размытыми краями к количеству краевых пикселей (10).

$$F_{blur}=1-\left(\sum_{x,y=1}^{w,h}B(x,y)/\sum_{x,y=1}^{w,h}E(x,y)\right) \quad (10)$$

Далее будем называть эту меру F_{blur_2}, чтобы отличить ее от размытия, описанного в [10].

Предположим, что увеличение размытости должно негативно повлиять на качество восприятия, потому что очень размытое изображение потеряет важную информацию и будет менее привлекательным.

2. Мера энтропии изображения

Основная идея энтропии заключается в измерении неопределенности изображения. Чем больше информации и меньше шума содержится в изображении, тем более оно будет полезным, и можно будет связать полезность изображения с его объективным качеством. В исследовании энтропия по Шеннону была рассчитана для всего изображения, его переднего плана и фона согласно (11).

$$F_{ent}=-\sum_{k=1}^{n}p(I_k)*log_2 p(I_k), \quad (11)$$

где $p(I_k)$ – вероятность конкретного значения интенсивности I_k.

Предполагается, что более высокая энтропия должна означать, что в изображении содержится больше сигнала. Например, если есть меньше деталей и больше плоских поверхностей, энтропия будет меньше. Однако изображение с шумом будет иметь большую энтропию, поэтому необходимо рассматривать энтропию для трех уровней изображения.

3. Мера сегментации

В [5] показано, на сколько разных сегментов изображения могут быть разделены. В работе используется простейшая, но наиболее интуитивная реализация, сравнивая два основных сегмента: фоновое изображение (seg1) и передний план (seg2). В данном случае просто вычисляется среднее значение интенсивности и используется все пиксели с более низкой интенсивностью в качестве фона, в то время как остальные пиксели классифицируются, как объектные. Чтобы вычислить меру сегментации, средняя разность U для соседних пикселей в скользящем окне 3x3 вычисляется для каждого сегмента изображения (12):

$$U_{seg}(x,y) = \sum_{m,n=-1}^{1} \left(I(x,y) - I(x-n, y-m) \right)^2 \quad (12)$$

приводя к следующей мере W:

$$W = \frac{1}{N_{seg1}} \sum_{(x,y)\in seg_1} U_{seg1}(x,y) + \frac{1}{N_{seg2}} \sum_{(x,y)\in seg_2} U_{seg2}(x,y) \quad (13)$$

Далее вычисляется средняя интенсивность пикселей в каждом сегменте и получается квадратная разница между средними интенсивностями самой пары сегментов. Сумма квадратов разностей средних интенсивностей называется B:

$$B = \left(\frac{1}{N_{seg1}} \sum_{(x,y)\in seg_1} U_{seg1}(x,y) - \frac{1}{N_{seg2}} \sum_{(x,y)\in seg_2} U_{seg2}(x,y) \right)^{-2} \quad (14)$$

Результирующая мера вычисляется как:

$$F_{sep} = 1000 * W + B \quad (15)$$

и она будет высокой для изображений с высокой разницей между сегментами и низкой разницей внутри сегмента.

4. Мера резкости

Эта мера основана на предположении, что различия соседних пикселей больше изменяются в областях с острыми краями. Поэтому авторы вычисляют разность второго порядка для соседних пикселей в качестве дискретного аналога второй производной для изображения, прошедшего через шумоподавляющий медианный фильтр:

$$\Delta D_2(x,y) = \left[I_m(x+2,y) - I_m(x,y) \right] - \left[I_m(x,y) - I_m(x-2,y) \right] \quad (16)$$

где I_m – оригинальное изображение, пропущенное через медианный фильтр.

Далее авторы определяют вертикальную резкость для каждого пикселя S_{ver} как:

$$S_{ver}(x,y) = \sum_{x-t=k=x+t} \left|\Delta D_2(k,y)\right| / \sum_{x-t=k=x+t} \left|I(k,y) - I(k-1,y)\right| \quad (17)$$

и каждый пиксель считается резким, если его резкость превышает 0.0001. Число резких пикселей $N_{S_{VER}}$ вычисляется, и краевые пиксели находятся с помощью метода Canny, число $N_{E_{VER}}$ равно их количеству. Затем тот же процесс повторяется в горизонтальном направлении, и отношение острых краевых пикселей для вертикального и горизонтального направлений вычисляется как:

$$F_{sharp} = \sqrt{\left(\frac{N_{S_{HOR}}}{N_{E_{HOR}}}\right)^2 + \left(\frac{N_{S_{VER}}}{N_{E_{VER}}}\right)^2} \quad (18)$$

Предполагается, что резкое изображение более привлекательно для глаза и содержит больше полезной информации.

5. Мера уровня шумов

Естественно предположить, что наличие шума может отрицательно сказаться на качестве воспринимаемого изображения. Поэтому включили меру шума, разработанную Масаюки Т. [13]. В данной работе уровень шума описывается как стандартное отклонение гауссовского шума. Авторы предлагают кусочный алгоритм. Сначала исходное изображение раскладывается на перекрывающиеся участки, а модель для всего изображения записывается как $p_i = z_i + n_i$, где z_i – это часть исходного изображения с i-м пикселем в центре, преобразованным в одномерный вектор, и p_i - наблюдаемый участок (также преобразованный в вектор), искаженный гауссовским шумом, который представлен как вектор n_i. Чтобы оценить уровень шума, нужно получить неизвестное стандартное отклонение, используя только наблюдаемое искаженное изображение с шумом.

Все участки изображения обрабатываются как данные в евклидовом пространстве, его дисперсия может проецироваться на одну ось, направление которой определяется вектором u. Дисперсия данных V, спроецированных на u, может быть записана как:

$$\mathrm{V}\left(u^T p_i\right) = V(u^T z_i) + \sigma_n^2 \tag{19}$$

где σ_n^2 – стандартное отклонение гауссовского шума.

Минимальное отклонение направления данных определяется по принципу анализа основных компонентов (PCA). Сначала матрица ковариации данных π определяется как:

$$\pi \frac{1}{b} \sum_{j=1}^{b} \left(p_i - m\right)\left(p_i - m\right)^T \tag{20}$$

где b - количество исправлений, m - среднее значение в наборе данных $\{p_i\}$. Затем дисперсия исходных данных проецируется на направление минимальной дисперсии, равное минимальному собственному значению $\lambda_{\min}$:

$$\lambda_{\min}\left(\pi\right) = \lambda_{\min}\left(\phi\right) + \sigma_n^2 \tag{21}$$

где ϕ - ковариационная матрица для бесшумных кусков z.

Уровень шума можно оценить, если мы разложим минимальное собственное значение ковариационной матрицы шумных участков, что является некорректной проблемой, поскольку минимальное собственное значение для ковариационной матрицы бесшумных участков неизвестно. Поэтому авторы предлагают выбирать слабо текстурированные участки из изображений с шумом, потому что такие пятна охватывают низкоразмерное пространство, а минимальное собственное значение их ковариационной матрицы близко к нулю, поэтому их уровень шума F_{noise} можно оценить как:

$$F_{noise} = \sigma_n^2 \lambda_{min}\left(\pi'\right) \tag{22}$$

где π' - ковариационная матрица слабо текстурированных участков изображения.

Несомненно, наиболее важной частью предложенного алгоритма является выбор слабо текстурированных участков. Основная идея состоит в том, чтобы сравнить максимальное собственное значение градиентной ковариационной матрицы участка с некоторым порогом. Градиентная ковариационная матрица C участка j вычисляется как:

$$C_j G_j{}^T G_j, \tag{23}$$

где $G_j = \left[D_{hor} j, D_{ver} j \right]$, а D_{hor} и D_{ver} являются горизонтальными и вертикальными производными операторами.

Чтобы выбрать слабо текстурированный участок, проверяется статистическая гипотеза. Нулевая гипотеза (участок имеет слабую плоскую текстуру) принимается, если максимальное собственное значение ее собственной градиентной ковариационной матрицы G_j меньше порогового значения. Порог τ для максимального собственного значения градиентной ковариантной матрицы можно найти как:

$$\tau = \sigma_n^2 F^{-1}\left(\delta, \frac{b}{2}, \frac{2}{b} tr\left({D_{hor}}^T D_{hor} \right) \right), \tag{24}$$

где σ - уровень значимости (например 0,99), F^{-1} – кумулятивная функция распределения с обратной гаммой с формой $\frac{b}{2}$ и параметром масштаба $\frac{2}{b} tr\left({D_{hor}}^T D_{hor} \right)$. Интегральная обратная гамма-функция распределения определяется как:

$$F\left(x, \alpha, \beta\right) = \frac{\Gamma\left(\alpha, \frac{\beta}{x}\right)}{\Gamma\left(\alpha\right)}, \tag{25}$$

где $\Gamma(\ )$ обозначает гамма-функцию, a - параметр масштаба, β - параметр формы. Гамма-функция для положительного целого числа n определяется как:

$$F\left(n\right) = \left(n-1\right)! \tag{26}$$

Предполагается, что более шумные изображения будут иметь худшее качество и будут менее информативными.

Заключение и дальнейшее исследование

Используя описанные метрики можно разработать автоматизированную систему [1], которая будет осуществлять предварительную фильтрацию изображений для врача/исследователя, либо же можно размечать изображение с выделением проблемных участков, чтобы далее применить функции, обратные для «проблемной» метрики этого участка изображения, таким образом повысить качество восприятия исходного изображения.

Поддержка

Грант РФФИ номер 19-07-00133 А «Разработка интеллектуальных высокопроизводительных методов распознавания медицинских изображений и создание компьютерной системы поддержки принятия решений в виде облачного сервиса для прогнозирования и диагностики в персональной медицине».

Список литературы

1. Сойникова, Е.С. О распознавании форменных объектов крови на основе медицинских изображений / Е.С. Сойникова, Д.С. Батищев, В.М. Михелев // Научный результат. Информационные технологии. – Белгород, 2018. – Т. 3. – С. 54-65.
2. Bishop, C. Pattern Recognition and Machine Learning / C. Bishop ; Springer-Verlag New York – 2006. – 738 P.
3. Ganesh, A. A novel approach for image noise estimation and its removal / A. Ganesh // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). – 2013. – Vol. 2 – P. 1669-1674.
4. Komander, B. Denoising of Image Gradients and Total Generalized Variation Denoising / B. Komander, A. Lorenz Dirk, L. Vestweber // Journal of Mathematical Imaging and Vision. – 2019. – Vol. 61. – P. 21-39.
5. Carley-Spencer, M.P. No-Reference image quality metrics for structural MRI / M.P. Carley-Spencer, J.P. Woodard // Neuroinformatics. – 2006. – Vol. 4. – P. 243-262.
6. Serir, A. A no-reference blur image quality measure based on wavelet transform / A. Serir, F. Kerouh // Digital Information Processing and Communications. – 2015. – Vol. 9. – P. 1587-1599.
7. Chen, F. Sharpness estimation for Document and Scene Images / F. Chen, D. Doermann, J. Kumar // 21st International Conference on Pattern Recognition, November 11-15, 2012. – Tsukuba, 2012. – P. 3292-3295.
8. Bloom, J.A. A blind reference-free blockiness measure / J.A. Bloom, C. Chen // 11th Pacific Rim Conference on Multimedia part I, September 21-24, 2010. – Shanghai, 2010. – P. 112-123.
9. Chel, H. Blind quality assessment of JPEG compressed images / H. Chel, P. Sodhani // Progress in Electromagnetics Research Symposium, November 19-22, 2017. – Singapore, 2017. – P. 1245-1250.
10. Dolmiere, T. The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric / T. Dolmiere, P. Ladret, F. Crete // SPIE Electronic Imaging Symposium. Conference: Human Vision and Electronic Imaging, 28 January - 1 February; 2007. – San Jose, 2007. – P. 196-206.

11. De, K.. A new no-reference image quality measure to determine the quality of a given image using object separability / K. De. // 2012 International Conference on Machine Vision and Image Processing (MVIP), December 14-15, 2012. – Taipei, 2012. – P. 92-95

12. Marziliano, P. A no-reference perceptual blur metric / P. Marziliano, F. Dufaux, S. Winkler, T. Ebrahimi // International Conference on Image Processing, September 22-25, 2002. – Rochester, 2002.

13. Tanaka, M. Noise Level Estimation Using Weak Textured Patches of a Single Noisy Image / M. Tanaka, X. L. M. Okutomi // 2012 19th IEEE International Conference on Image Processing, September 30 - October 3, 2012. – Orlando, 2012. – P. 665-668.

14. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity / Z. Wang [and all] // IEEE Transactions on Image. – Vol. 13. – 2004. – P. 600-612.

Потенциальная точность самонаведения беспилотных летательных аппаратов с комплексированием наблюдений в различных физических полях

Е. А. Почепцов, email: capdepera@ro.ru [1]
Е. Н. Десятирикова, email: science2000@yandex.ru [1]
В. И. Лютин, email: ljutin@mail.ru [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина

Аннотация. *В работе на основе теории совместной нелинейной фильтрации дискретных и непрерывных марковских последовательностей синтезированы алгоритм и структурная схема системы самонаведения беспилотных летательных аппаратов с комплексированием результатов наблюдения в нескольких физических полях с учётом арктических геомагнитных особенностей приема сигналов. Выявлен синергетический эффект комплексирования наблюдений, а именно, совместным наблюдением нескольких датчиков с невысокими показателями качества возможно слежение за плохо видимым или преднамеренно замаскированным объектом.*

Ключевые слова: *комплексирование результатов наблюдений, автоматическое слежение, точность слежения, теория нелинейной фильтрации, отношение правдоподобия.*

Введение

Всё возрастающее применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для доставки грузов, в частности, в труднодоступных и малонаселённых местностях, к каковым относятся арктические области, в автоматическом режиме и при возможном действии преднамеренных или непреднамеренных помех как со стороны конкурентов, так и получателя грузов, приводит к необходимости повышения точности и помехозащищённости автоматических систем наведения в область пространства, где расположен получатель груза или интересующий объект. В связи с этим актуальным является использование информации о пространственно-энергетических характеристиках объектов и фонов, получаемой как различными способами при наблюдении собственных и/или отражённых излучений объекта, так и в различных участках

© Почепцов Е. А., Десятирикова Е. Н., Лютин В. И., 2020

спектра электромагнитного излучения – ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном, радиоволновом [1]. При этом изображение просматриваемой области пространства не интерпретируется как обычный зрительный образ, воспринимаемый человеком, а является трёх-, четырёх- и более мерным образом, пригодным для машинного восприятия и представляющим собой добываемую всеми доступными средствами совокупность сведений об окружающих наблюдателя объектах [2,3].

Цель работы – установление принципа построения и определение потенциальной точности систем автоматического наведения БЛА с комплексированием средств слежения в различных физических полях и диапазонах длин волн собственных и отражённых излучений с учётом влияния арктических полярных сияний на систему глобального позиционирования.

1. Синтез алгоритма наведения БЛА

Автоматическое наведение заключается в совмещении оптической оси комплексированной системы датчиков с линией визирования объекта. По величине углов отклонения оптической оси датчиков от строительной оси БЛА в вертикальной и горизонтальной плоскостях вырабатываются команды корректировки движения БЛА. При доставке грузов в Арктике не всегда возможно обеспечить посадку БЛА, поэтому БЛА движется на заданной высоте с наведением только в азимутальной плоскости, а доставляемый груз сбрасывается в непосредственной близости от получателя.

Методом решения подобных задач является применение теории нелинейной фильтрации дискретных и непрерывных марковских процессов [4, 5, 6]. При решении задачи наведения характер изменений вида объекта в каждом из каналов наблюдения, обусловленный поворотами и преднамеренными видоизменениями наблюдаемого объекта, допустимо описывать марковской цепью, причём сами виды объекта и их число заранее заданы, а характер изменения единых для изображений во всех каналах наблюдения непрерывных параметров – угловых отклонений линии визирования от оптической оси в двух взаимно перпендикулярных плоскостях – от кадра к кадру в силу медленности их изменения – описывать гауссовской марковской последовательностью.

Решение задачи наведения БЛА с применением автономных систем наведения проведено в предположении, что наблюдение объекта ведётся в N каналах, каждый из которых соответствует одному из физических

полей, а совмещение линии визирования и оптической оси выполняется в одной плоскости.

В каждом канале на фоне аддитивного гауссовского шума наблюдаются последовательности изображений объекта и прилегающего фона на плоскости $\left\{s_{ijk}^{(n)}\left(\lambda_k, \mu_k^{(n)}\right), i=\overline{1,I},\ j=\overline{1,J},\ n=\overline{1,N}\right\}$

$$y_{ijk}^{(n)} = s_{ijk}^{(n)}\left(\lambda_k, \mu_k^{(n)}\right) + n_{ijk}^{(n)}, \tag{1}$$

где $n_{ijk}^{(n)}$ – отсчёты белых шумов с дисперсиями σ_n^2; i, j – номера элементов изображений; I_n, J_n – размеры изображений в каждом из n каналов наблюдения.

При малом уровне собственных шумов в случае медленных изменений непрерывного параметра (постоянного в каждом кадре), и с применением разложения логарифма функционала отношения правдоподобия (ЛФОП) в ряд Тейлора по непрерывному параметру в окрестности значения $\lambda_k^э = R_\lambda \cdot \hat{\lambda}_{k-1}$, соответствующего максимуму экстраполированной плотности вероятности непрерывного параметра, алгоритм фильтрации записывается в виде трёх уравнений: для апостериорной вероятности дискретного параметра, оценки и дисперсии оценки непрерывного параметра

$$P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) = C_k \cdot \prod_{m=1}^{M_n}\left[\exp\left\{\Pi_k\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(m)}\right)\right\} \cdot \sqrt{\chi_k\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot D_k^{-1}} \times \right.$$
$$\left. \times \exp\left\{\frac{1}{2} \cdot \chi_k\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot \left[\Pi'_\lambda\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(m)}\right)\right]^2\right\}\right], \quad n=\overline{1,N}, \tag{2}$$

$$\hat{\lambda}_k = \lambda_k^э + \sum_{n=1}^{N} \pi_n\left(\mu_{k\,n} \middle| \mu_{k-1\,n}\right) \cdot \chi_k\left(\mu_k^{(n)}\right) \cdot \sum_{m=1}^{M_n} P_{ps}\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot \Pi'_\lambda\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right) \tag{3}$$

$$d_k = \sum_{m=1}^{M_n}\sum_{n=1}^{N} P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) \cdot \left[\left\{\frac{D_k\left[\Pi'_\lambda\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)\right]}{1 - D_k \cdot \overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)} + \lambda_k^э - \hat{\lambda}_k\right\}^2 + \right.$$
$$\left. + \frac{D_k}{1 - D_k \cdot \overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)}\right] \tag{4}$$

где $\Pi_k\left(\lambda_k, \mu_k^{(n)}\right) = \sum_{m=1}^{M_n} \sigma_n^{-2} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} y_{ijk}^{(n)} \cdot s_{ijk}^{(m)}\left(\lambda_k, \mu_k^{(m)}\right)$, $n=\overline{1,N}$ – логарифм функционала отношения правдоподобия параметров [5, 6]; C_k – постоянная нормировки; μ_k, $n=\overline{1,N}$ – значения дискретных параметров

в N каналах наблюдения на k-том шаге; $d_0 = \left(1 - R_\lambda^2\right) \cdot \sigma_\lambda^2$ – дисперсия плотности вероятности перехода; R_λ – коэффициент корреляции значений параметра на соседних шагах; σ_λ^2 – априорная дисперсия параметра; $D_k = d_0 + R_\lambda^2 \cdot d_{k-1}$ – дисперсия экстраполированной оценки непрерывного параметра; $\Pi'_\lambda\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)$ – производная от ЛФОП; $\chi_k\left(\mu_k^{(n)}\right) = D_k \Big/ \left[1 - D_k \cdot \overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_n\right)\right]$ – кумулянт экстраполированного распределения вероятностей непрерывного параметра; $\overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k\right) = -q_{\mu k} \cdot R''_{\lambda\lambda}(0, \mu_k)$ – сигнальная часть второй производной ЛФОП [9]; $q_{\mu k}$ – отношение сигнал/шум; $R''_{\lambda\lambda}(0, \mu_k)$ – вторая производная от функции корреляции наблюдаемого изображения.

Решение о значениях параметров μ_k, $k = \overline{1, N}$, и λ_k принимается по критерию максимума апостериорных вероятностей. Решение о наблюдаемом объекте всегда принимается на каждом шаге. При этом один из эталонов – фон. Естественно, что для фона принимается $\overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right) = 0$, а при принятии решения о фоне $P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right)\Big|_{\mu = фон} = \max$.

Асимптотическая дисперсия оценки непрерывного параметра при длительном наблюдении и высоком отношении сигнал/шум, когда $D_k^{-1} << \overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)$, равна

$$d_k \cong \sum_{m=1}^{M_n} \sum_{n=1}^{N} P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) \cdot \frac{1}{-\overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)}. \qquad (5)$$

Данное выражение для рассматриваемого случая представляет собой предельное значение, соответствующее границе, определяемой неравенством Рао-Крамера, выше которой дисперсия оценки непрерывного параметра в рассматриваемой задаче не бывает.

Минимальные значения величин $\chi_k\left(\mu_k^{(n)}\right)$ равны D_k, поэтому для упрощения алгоритмов величина $\chi_k\left(\mu_k^{(n)}\right)$ принимается одинаковой и равной κ_n для всех значений дискретного параметра каждого канала и соответствующей стационарному режиму наблюдения, наступающему после захвата объекта на автосопровождение. Тогда алгоритм (3) принимает вид

$$\hat{\lambda}_k = \lambda_k^э + \sum_{n=1}^{N} \kappa_n \cdot \sum_{m=1}^{M_n} P_{ps}\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot \Pi'_{\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(m)}\right). \qquad (6)$$

Апостериорные вероятности дискретных параметров равны [7]

$$P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) \cong \exp\left\{\Pi_k\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)\right\} \cdot \left[\sum_{m=1}^{M_n} \exp\left\{\Pi_k\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(m)}\right)\right\}\right]^{-1}, \quad n = \overline{1, N}. \qquad (7)$$

Оценка непрерывного параметра формируется как весовая сумма сигналов рассогласования с весами, равными апостериорным вероятностям обнаружения объекта в различных физических полях.

На рис. 1 приведена структурная схема системы автоматического обнаружения и наведения с комплексированием наблюдений в различных физических полях и диапазонах длин волн.

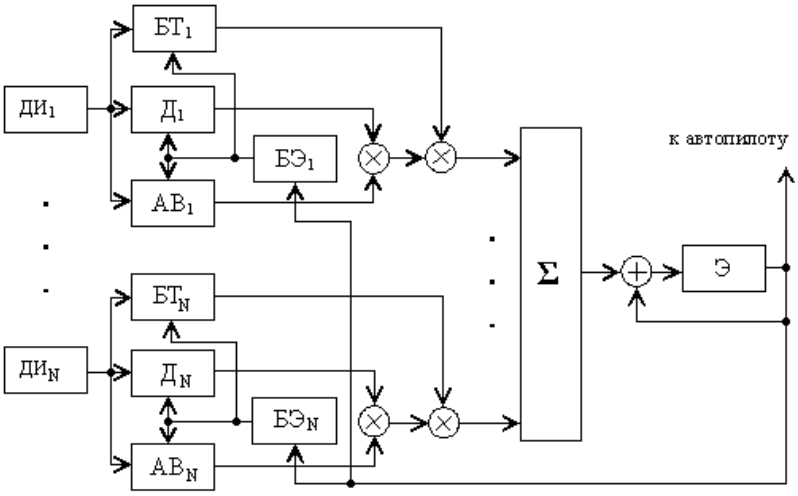


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического наведения с комплексированием наблюдений

На рисунке обозначено: $ДИ_n$, $n = \overline{1, N}$ – датчики изображений, один из которых от системы GPS; $БТ_n$ – блоки точности; $Д_n$ – блоки дискриминаторов; $БЭ_n$ – банки эталонных изображений; $АВ_n$ – блоки апостериорных вероятностей; Σ – сумматоры; Э – экстраполятор.

Отличительная особенность синтезированной структурной схемы заключается в её замкнутости, как системы автоматического управления с обратной связью по решению, чего не удаётся получить, используя теорию оценивания непрерывных параметров [6]. Действие обратной

связи по решению при высоком качестве обнаружения сводится к выбору сигнала управления с выхода дискриминатора того дискретного параметра, для которого вероятность обнаружения наибольшая. Замкнутая система размыкается, если апостериорная вероятность дискретного параметра равна нулю.

2. Анализ точности самонаведения БЛА

Потенциальная точность слежения определяется при допущении, что в каждом из каналов наблюдается объект с постоянным контрастом на равномерном фоне и обнаруживается с вероятностью P_n, определяемой выражением (2) [7].

$$P_n = 0{,}5 - \Phi_0\left(\Phi_0^{-1}(F - 0{,}5) - q_n\right), \quad n = \overline{1, N}. \tag{8}$$

Параметр обнаружения объекта комплексированной системой датчиков равен [4]

$$q = \sum_{n=1}^{N} q_n. \tag{9}$$

Вероятность обнаружения объекта комплексированной системой датчиков изображений P определяется подстановкой (9) в (8).

Точность слежения определяется из рекуррентного уравнения для апостериорной дисперсии оценивания непрерывного параметра d_k, которое с введением понятия относительной апостериорной дисперсии $\delta_k^2 = d_k / \sigma_\lambda^2$, где $\sigma_\lambda^2 = (\alpha_0 \cdot L)^2$ – априорная дисперсия непрерывного параметра при среднеквадратическом угловом отклонении α_0 неуправляемого полёта БЛА (при не работающих GPS и других датчиках) и дальности пуска L, примет вид [7]

$$\delta_k^2 = \frac{P}{\left[1 + R_\lambda^2 \cdot \left(\delta_{k-1}^2 - 1\right)\right]^{-1} + z} + \frac{1 - P}{\left[1 + R_\lambda^2 \cdot \left(\delta_{k-1}^2 - 1\right)\right]^{-1}}. \tag{10}$$

где $z = \sigma_\lambda^2 q$ – обобщённый параметр обнаружения объекта комплексированной системой.

На практике стационарное значение δ устанавливается через 5…20 шагов наблюдения, что при частоте кадров 60 Гц соответствует времени 0,1…0,3 сек.

Вероятность удержания оптической оси комплексированной системы наведения в пределах видимой проекции объекта равна [8]

$$P_c = \left[0{,}5 - \Phi_0\left(\Delta\varphi_g / (\sigma_\lambda \cdot \delta)\right)\right] \cdot \left[0{,}5 - \Phi_0\left(\Delta\varphi_v / (\sigma_\lambda \cdot \delta)\right)\right]. \tag{11}$$

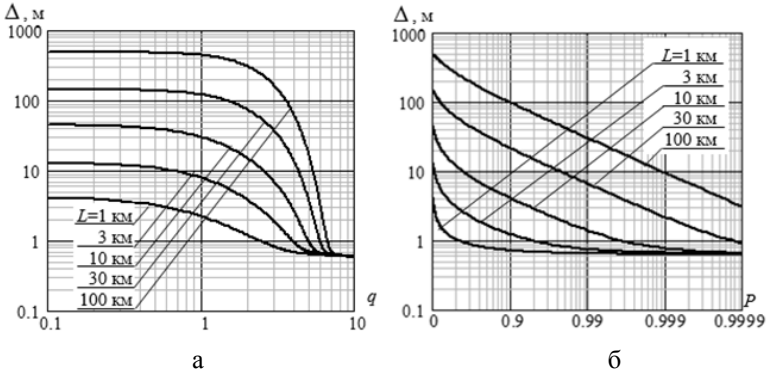
где $\Delta\varphi_g, \Delta\varphi_v$ – угловые размеры видимой проекции объекта; δ – стационарное решение уравнения (9).

Если для одного из каналов, например для канала приёма сигналов GPS, известна вероятность обнаружения объекта (сигнала GPS) P_N, то из выражения (11) при вероятности ложной тревоги F_N определяется параметр обнаружения, используемый при расчёте точности слежения

$$q_N = \Phi_0^{-1}(F_N - 0{,}5) - \Phi_0^{-1}(0{,}5 - P_N). \qquad (12)$$

Таким образом, установлена связь между вероятностью работоспособности системы GPS при действии арктических полярных сияний и точностью вывода БЛА [9].

На рис. 2. приведены зависимости ошибок системы наведения Δ, м, от параметра q и вероятности P обнаружения объекта при различных дальностях наблюдения L комплексированной системой датчиков. При расчёте ошибок слежения $\Delta = \delta \cdot \sigma_\lambda$ с применением рекуррентного выражения (9) принято, что α_0=5 мрад (реальный увод на 1...2 км при полёте 1 час на дальность 1000 км за счёт отклонения оси не корректируемого гироскопа из-за вращения Земли), R_λ=0,99, F=0,01.



а б

а - от параметра обнаружения объекта; б - от вероятности обнаружения объекта

Рис. 2. Зависимости ошибок слежения при различных дальностях наблюдения

Увеличение параметра обнаружения объекта более 7 не приводит к снижению ошибок слежения, следовательно, ухудшение условий наблюдения объекта в каждом из каналов парируется увеличением числа каналов наблюдения. Поэтому для сохранения работоспособности комплексированной системы датчиков, необходимо всемерно повышать параметр и вероятность обнаружения каждым из датчиков.

Заключение

В комплексированных системах автоматического вывода БЛА в заданный район оптимальный способ объединения результатов наблюдения в формировании единого сигнала управления поворотом совмещённой оптической оси вслед за объектом как результата весового суммирования сигналов рассогласований, вырабатываемых каждой из систем наблюдения, с использованием в качестве весовых коэффициентов вероятностей обнаружения объекта. Существует значение параметра обнаружения, при котором точность вывода БЛА не зависит от дальности наблюдения объекта, и может быть произведён размен числа каналов наблюдения на качество обнаружения объекта в каждом из них, что является проявлением синергетического эффекта: совместным наблюдением нескольких датчиков с невысокими показателями качества возможно слежение за плохо видимым или преднамеренно замаскированным объектом, чего нельзя достичь при использовании одного высококачественного датчика. Установлена связь между вероятностью работоспособности системы GPS при действии полярных сияний и точностью вывода БЛА.

Список литературы

1. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации / М. С. Ярлыков. – М. : Радио и связь, 1985. – 345 с.
2. Евдокимов, В. И. Высокоточное оружие и борьба с ним / В. И. Евдокимов. – СПб. : Издательство «Лань», 2013. – 496 с.
3. Юхно, П. М. Преднамеренные оптические помехи высокоточному оружию / П. М. Юхно. –Радиотехника, 2017. – 640 с.
4. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции / Г. Ван Трис. – М. : Советское радио, 1972. – Т. 1 – 742 с.
5. Амиантов, И. Н. Избранные вопросы статистической теории связи / И. Н. Амиантов. – М. : Советское радио, 1971. – 416 с.
6. Тихонов, В. И., Нелинейная фильтрация и квазикогерентный приём сигналов / В .И. Тихонов, Н. К. Кульман. – М.: Советское радио, 1976. – 704 с.
7. Лютин, В. И. Алгоритм автоматического слежения при наблюдении объектов в различных физических полях / В. Лютин // Радиосистемы, выпуск 57, «Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн». – 2001. – №10. – С. 33-36.
8. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учеб. для вузов. / Е. С. Вентцель. – 11-е изд. стер. – М. : КНОРУС, 2010. – 664 с.
9. Черноус, С. А. Навигация GPS/ГЛОНАСС в Арктике и полярные сияния / С. А. Черноус // Вестник Мурманского государственного университета. – 2016. – Т. 19, №4. – С. 806-812.

Способ обнаружения удаленных атак на системы управления военного назначения

В. В. Починок, email: vicpochinok55555@mail.com
А. П. Теленьга email: telenga@mail.ru
Р. С. Шерстобитов email: scherstobitov@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы обнаружения удаленных атак на системы управления военного назначения.*

Ключевые слова: *система управления военного назначения, удаленная атака, обнаружение удаленных атак, вероятность обнаружения атак, показатели сходства признаковых полей пакетов сообщений.*

Введение

Известно, что для обеспечения информационной безопасности необходимо с высокой вероятностью определять факты удаленных атак на системы управления военного назначение (СУ ВН) [1, 2]. Существующие способы не позволяют достичь необходимой вероятности обнаружения и распознавания типа удаленных атак, имеющих своей целью осуществление несанкционированного доступа, а также снижение доступности и нарушение работоспособности сетей связи и СУ ВН [3, 4]. Деструктивные возможности удаленных атак связаны с тем, что большинство из них напрямую нацелены на слабые места средств защиты, уязвимости операционных систем и системных приложений [5-7], а системы управления военного назначения, обрабатывающие запросы на обслуживание от санкционированных абонентов, обладают ограниченной вычислительной мощностью по обработке запросов и ограниченной длиной очереди запросов. Кроме того, высокая пропускная способность современных СПД значительно расширяет деструктивные возможности удаленных атак [8, 9].

Повысить вероятность обнаружения и распознавания типа атак можно за счет введения показателя сходства сравниваемых признаковых полей опорных пакетов, содержащих эталоны атак, с признаковыми полями поступающих на анализ пакетов и определения порогов срабатывания (чувствительности) системы обнаружения удаленных атак на СУ ВН. Под опорными пакетами понимают совокупность

© Починок В.В., Теленьга А.П., Шерстобитов Р.С., 2020

предварительно запомненных эталонных пакетов, содержащих признаки атак. Чувствительность системы обнаружения удаленных атак на СУ ВН определяется максимально допустимым количеством совпадений сравниваемых признаковых полей, количеством эталонов и заданием изначально невысокого значения коэффициента (показателя) сходства с возможностью увеличения его в процессе анализа пакетов [10-12]. Наличие такого свойства обеспечивает обучение системы обнаружения удаленных атак, что реализуется в предлагаемом способе. Значения показателей могут выбираться в зависимости от требуемой вероятности обнаружения и распознавания типа атаки [13-16].

1. Сущность способа обнаружения атак

Суть разработанного способа заключается в том, что принимают из канала связи последовательно пакеты сообщений, запоминают их, выделяют из заголовков принятых пакетов сообщений признаковые поля, сравнивают их, а по результатам сравнения принимают решение о наличии атаки, предварительно задают количество $N \geq 1$ эталонов возможных атак, минимально допустимое значение показателя сходства сравниваемых признаковых полей пакетов сообщений $K_{сх.min}$, максимально допустимое количество совпадений признаковых полей i-го опорного пакета (эталона) со сравниваемыми признаковыми полями поступившего из канала связи на анализ пакета $K_{совп.\ i\ доп.}$, где $i = 1,\ 2,\ \ldots N$ и устанавливают число совпадений $K_{совп.\ i} = 0$. Кроме того, предварительно запоминают совокупность из N опорных пакетов, содержащих эталоны заданных атак. Затем принимают из канала связи k-й пакет сообщения, где $k = 1,\ 2,\ \ldots,$ выделяют из его заголовка признаковые поля и сравнивают их значения со значениями признаковых полей опорных N пакетов. По результатам сравнения вычисляют коэффициенты сходства $K_{сх.\ i}$ и сравнивают их с предварительно заданным значением $K_{сх.\ min}$. При выполнении условия $K_{сх.\ i} \geq K_{сх.\ min}$ запоминают $K_{сх.\ i}$, соответствующий ему k-й пакет сообщения и увеличивают значение $K_{совп\ i}$ на единицу. При выполнении условия $K_{сх.\ i} < K_{сх.\ min}$ принимают $(k+1)$-й пакет сообщения. После этого действия, начиная с выделения из заголовка $(k+1)$-го пакета признаковых полей, повторяют до тех пор, пока не

будет выполнено условие $K_{совп.i} \geq K_{совп.\ i\ доп.}$, при выполнении которого делают вывод о наличии i-ой атаки. Коэффициент сходства $K_{сх.\ i}$ рассчитывают по формуле:

$$K_{сх.\ i} = \frac{N_{11} + N_{00}}{N_{11} + N_{00} + 2(N_{10} + N_{01})} \quad (1)$$

где N_{11} – количество признаковых полей, общих для сравниваемых пакетов сообщений, N_{00} – количество признаковых полей, отсутствующих в сравниваемых пакетах сообщений, N_{10} – количество признаковых полей i-го пакета сообщения, отсутствующих в сравниваемом пакете сообщения, N_{01} – количество признаковых полей, отсутствующих в i-ом пакете сообщения, но имеющихся в сравниваемом пакете сообщения.

Повышение вероятности обнаружения и распознавания типа атаки на СУ ВН в разработанном способе обеспечивается благодаря новой совокупности существенных признаков за счет введения показателей сходства признаковых полей пакетов сообщений, максимально допустимого количества совпадений и расширения признаковых описаний удаленных атак, что необходимо для обеспечения устойчивого функционирования СУ ВН, заключающегося в предоставлении сервисных возможностей санкционированным абонентам, так как СУ ВН, обрабатывающие запросы на обслуживание, обладают ограниченной вычислительной мощностью по обработке запросов, ограниченной длиной очереди запросов, а высокая пропускная способность современных СПД значительно расширяет деструктивные возможности удаленных атак.

Блок-схема алгоритма, реализующего разработанный способ обнаружения удаленных атак на СУ ВН представлена на рис. 1.

Разработанный способ реализуется следующим образом. Предварительно задают пороговые значения показателей: минимальное значение коэффициента сходства $K_{сх.\ min}$ сравниваемых признаковых полей пакетов сообщений, максимально допустимое количество совпадений признаковых полей i-го опорного пакета (эталона) со сравниваемыми признаковыми полями поступившего из канала связи на анализ пакета $K_{совп.\ i\ доп.}$, где $i = 1,\ 2, \ldots, N$ (см. рис. 1). Изменение чувствительности обслуживающего прибора позволяет повысить

надежность функционирования АСУ в условиях неустойчивой работы каналов связи и/или в случае недостаточной производительности АСУ в условиях повышенной нагрузки. Кроме того, предварительно задают количество $N \geq 1$ эталонов возможных атак. В начале работы запоминают совокупность из N опорных пакетов, содержащих эталоны заданных атак и устанавливают число совпадений $K_{совп.} = 0$ (рис. 1).

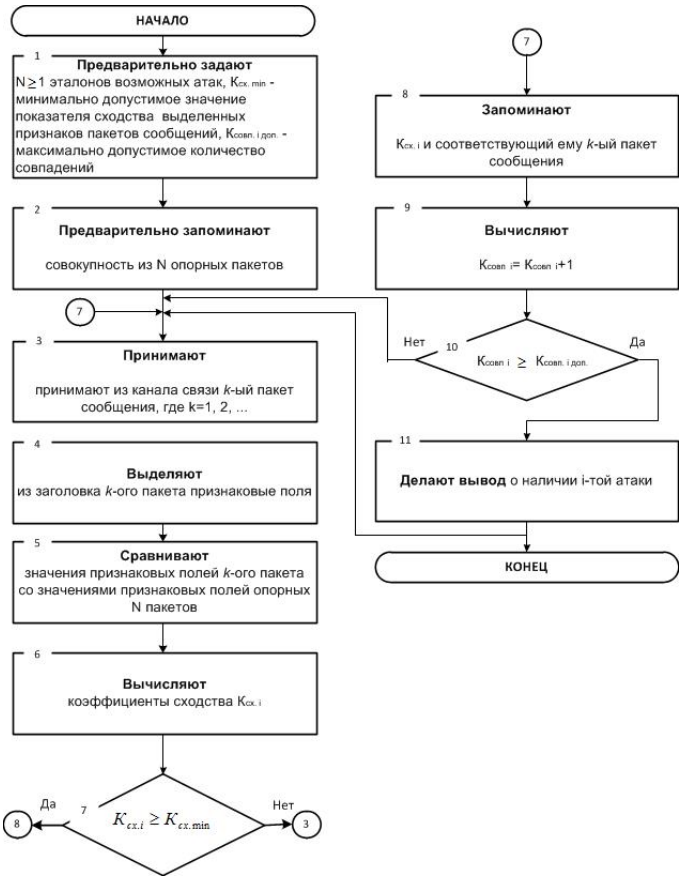


Рис. 1. Блок-схема алгоритма, реализующего способ мониторинга безопасности автоматизированных систем

Структура пакетов известна [3, 6, 7], как известно и признаковое пространство атак, что дает возможность построения априорного

признакового пространства системы обнаружения удаленных атак и формирования опорных пакетов.

Из канала принимают связи k-й пакет сообщения, где $k = 1,\ 2,\ \ldots$ После выделения из заголовков k-го и каждого из опорных пакетов признаковых полей их значения сравнивают (рис. 2).

Попытка осуществления удаленной атаки, характеризуется присутствием в анализируемом пакете сообщений признаков, совпадающих с эталонными значениями признаковых описаний удаленных атак, содержащегося в опорных пакетах, и определяется на основе анализа конкретных полей поступающих пакетов, имеющих известную структуру и бинарный характер [8, 11].

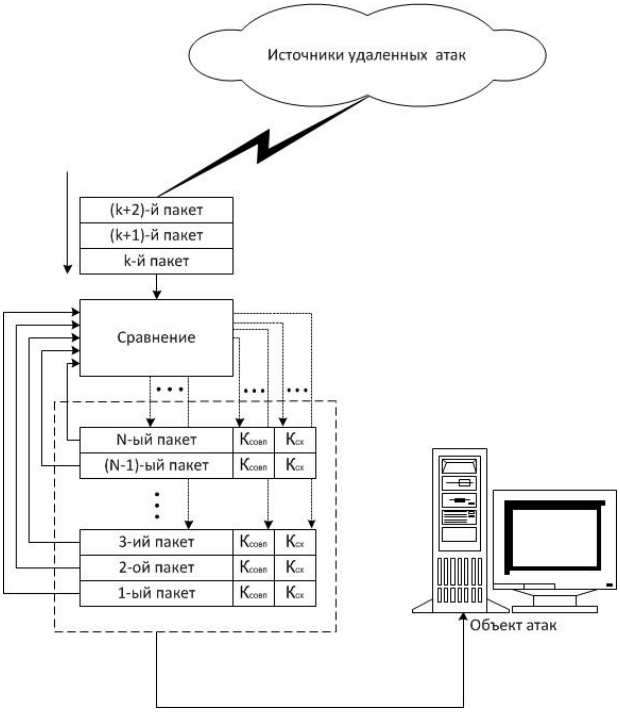


Рис. 2. Схема запоминания пакетов

В результате сравнения вычисляют коэффициенты сходства $K_{cx.\,i}$ признаковых полей k-го и каждого из опорных N пакетов (рис. 1). Каждый вычисленный коэффициент сходства $K_{cx.\,i}$ сравнивают с

предварительно заданным значением $K_{сх.\,min}$ и запоминают его и соответствующий ему k-й пакет при $K_{сх.\,i} \geq K_{сх.\,min}$ (рис. 2), тем самым обучая систему обнаружения удаленных атак на АСУ. После этого действия, начиная с выделения из заголовка $(k+1)$-го пакета признаковых полей, повторяют до тех пор, пока не будет выполнено условие $K_{совп.i} \geq K_{совп.\,i\,доп.}$ (рис. 1), при выполнении которого делают вывод о наличии i-ой атаки.

Входящие в приведенную формулу (1) значения N_{11}, N_{00}, N_{01}, N_{10} определяются по известным методикам исходя из следующего. При применении методов автоматической классификации зачастую необходимо уравнивать наличие и отсутствие признака с точки зрения его вклада в классификацию, т.к. часто нет никаких причин приписывать единицу именно наличию признака, а не его отсутствию. Выбор формулы расчета (1) обосновывается тем, что он не меняется при удвоении логической таблицы [13, 15].

Заключение

Таким образом, разработанный способ обеспечивает возможность анализа протоколов, определения использования семейства коммуникационных протоколов TCP/IP, повышение вероятности распознавания удаленных атак путем введения показателей сходства признаковых полей пакетов сообщений, максимально допустимого количества совпадений сравниваемых пакетов и расширения признаковых описаний удаленных атак, учитываемых системой распознавания, что необходимо для обеспечения устойчивого функционирования автоматизированных систем в условиях воздействия удаленных атак.

Список литературы

1. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л.С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

2. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3 (233). – С. 28-35.

3. Максимов, Р. В. Технические средства и методы защиты информации от утечки по техническим каналам на объектах

информатизации / Р. В. Максимов, А. Е. Давыдов, О. К. Савицкий. – Санкт-Петербург: НИИ "Масштаб", 2012. – 192 с.

4. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире: сб. тр. участников I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300-304.

5. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016). – 2016. – С. 431-438.

6. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175.

7. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / Р. В Максимов [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

8. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ. – СПб, 2017. – С. 147-154.

9. Maximov, R. V. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // CEUR Workshop Proceedings: сб. тр. участников конф "Secure information Technologies 2017 (BIT 2017)" (Москва, 6-7 декабря 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 59-65.

10. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

11. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ. – СПб, 2017. – С. 138-147.

12. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

13. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Максимов Р. В., Соколовский С. П., Орехов Д. Н. // Радиолокация, навигация и связь. – 2018. – С. 169-179.

14. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

15. Innovative development of tools and technologies to ensure the Russian information security and core protective guidelines / S. P. Sokolovsky [et al.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 1 (29). – С. 10-17.

16. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677; заявл. 17.07.17 ; опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

Анализ алгоритмов построения сверхразрешения изображений в условиях аппликативных помех

С. В. Саввин, email: savvin_s_v@sc.vsu.ru
А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru
А. Ю. Иванков, email: ivankov@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена задача построения многокадрового сверхразрешения в условиях аппликативных помех. Проанализирован предлагаемый авторами метод, основывающийся на использовании рекуррентного алгоритма оптимальной условно-линейной фильтрации в обычной и адаптивной постановке. Проведено экспериментальное исследование для сравнения рассмотренных алгоритмов на нескольких наборах тестовых изображений, включая существующие альтернативные подходы. Анализ результатов эксперимента показывает преимущество развиваемого автора подхода, основывающегося на адаптивной условно-линейной фильтрации и показывающего большую точность восстановления изображений.*

Ключевые слова: *сверхразрешение, аппликативные помехи, оптимальная линейная фильтрация, адаптивная фильтрация.*

Введение

Разрешение цифровых изображений зависит от характеристик систем, формирующих и регистрирующих эти изображения, и ограничений, возникающих при их передаче по каналам связи. Для эффективной работы многих систем обработки информации требуются изображения с высоким разрешением (ВР), которые зачастую не могут быть получены аппаратно в силу ограниченных возможностей средств регистрации и средств передачи данных. В этом плане известен общий подход к построению алгоритмов многокадрового сверхразрешения (СР) [1-6], позволяющий восстанавливать изображения с ВР за счет накопления последовательности изображений с низким разрешением (НР). При использовании данного подхода из наблюдаемой последовательности изображений НР, отображающими одну и ту же сцену, при наличии между ними дробных пиксельных смещений, воссоздается изображение, обладающее высоким разрешением.

Важным фактором, определяющим качество регистрируемых изображений, является то, что получаемые графические материалы

© Саввин С. В., Сирота А. А., Иванков А. Ю., 2020

нередко подвержены воздействию не только аддитивных, но и так называемых аппликативных помех (АП) (затенение объектов, наличие пораженных участков на изображения и аномальных наблюдений). Лишь некоторые алгоритмы многокадрового СР [1-6] пытаются решить задачу компенсации потерь в условиях аппликативных искажений с одновременным повышением разрешения за счет накопления и обработки последовательности изображений НР. К этим же работам относятся и предшествующие работы авторов данной статьи [4-6], которые базируются на использовании методов и алгоритмов оптимальной фильтрации последовательности изображений калмановского типа в обычной и адаптивной постановке.

Целью данной работы является исследование указанных алгоритмов построения многокадрового сверхразрешения в условиях аппликативных помех и их экспериментальное сравнение.

1. Построение СР на основе оптимальной квазилинейной фильтрации

Рассматриваемый подход для проведения синтеза алгоритмов построения сверхразрешения с использованием методов оптимальной фильтрации последовательности изображений предполагает задание модели состояний и модели наблюдений [4, 6]. Модель состояний описывается следующим соотношением:

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{F}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{u}_k \tag{1}$$

где $\mathbf{x}_{k+1}$, $\mathbf{x}_k$ –векторы изображений ВР; $\mathbf{F}_k$ – оператор, определяющий значения межкадровых сдвигов объектов на изображениях; $\mathbf{u}_k$ – гауссовский случайный вектор с матрицей ковариаций $\mathbf{Q}_k$.

Модель наблюдений учитывает возможность наличия аппликативных помех на формируемых изображениях, которые приводят к замещению (полезной) информации о наблюдаемом объекте посторонней (ложной) информацией, не относящейся к объекту наблюдения. Такая модель наблюдений задается следующими соотношениями:

$$\mathbf{y}_{k+1} = \mathbf{A}_k(\mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k) + \mathbf{B}_k(\tilde{\mathbf{y}}_{k|k-1} + \mathbf{w}_k),$$
$$\mathbf{A}_k = \begin{pmatrix} a_{k1} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & a_{kM} \end{pmatrix}, \ \mathbf{B}_k = \begin{pmatrix} b_{k1} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & b_{kM} \end{pmatrix}, \tag{2}$$

где $\mathbf{y}_k$ – очередное изображение НР; $\mathbf{v}_k$ – центрированный гауссовский вектор аддитивного шума с матрицей ковариаций $\mathbf{R}_k$; $\mathbf{F}_k = \mathbf{I}$; $\mathbf{H}_k$ –

оператор, характеризующий воздействие системы формирования наблюдаемых изображений; $\mathbf{A}_k$ и $\mathbf{B}_k$ – диагональные матрицы со случайными элементами, принимающими значение ноль или единица в случае получения от первичного датчика полезной ($a_{kl}=1$, $b_{kl}=0$) или ложной ($a_{kl}=0$, $b_{kl}=1$) информации; $\widetilde{\mathbf{y}}_{k|k-1}$ – прогноз вектора оценки наблюдаемого изображения НР, полученный на основе априорных сведений о характере изображений с учётом обработки $k-1$ кадра; $\mathbf{w}_k$ – вектор с нулевым средним и матрицей ковариаций $\mathbf{S}_k$, описывающий отклонение возникающих ложных наблюдений относительно вектора $\widetilde{\mathbf{y}}_{k|k-1}$.

Вводятся диагональные матрицы, характеризующие вероятности полезности пикселей блока $\mathbf{P}_{Ak}$ и $\mathbf{P}_{Bk}$. Диагональные элементы этих матриц содержат вероятности единичных значений $p_{akl}=P(a_{kl}=1)$ и $p_{bkl}=P(b_{kl}=1)$. Также вводятся матрицы попарных вероятностей *совместного* появления полезных $\mathbf{P}_{AAk}=\left\|p_{aklm}\right\|$ или ложных $\mathbf{P}_{BBk}=\left\|p_{bklm}\right\|$ наблюдений для каждой пары пикселей изображения, где $p_{aklm}=P(a_{kl}=1,a_{km}=1)$, $p_{bklm}=P(b_{kl}=1,b_{km}=1)$.

Оптимальный условно-линейной фильтр предполагает использование апостериорной информации о ложных наблюдениях для каждого из изображений НР. В [6] было показано, что условно-линейный фильтр имеет существенно большую точность восстановления изображения ВР по сравнению с оптимально линейной оценкой, что компенсирует необходимость дополнительных вычислений.

В процессе работы условно-линейный фильтр использует дополнительную информационную составляющую $\boldsymbol{\theta}_k$, получаемую в результате сегментации каждого поступающего кадра $\mathbf{y}_k$ на полезные и ложные наблюдения. Для получения такой дополнительной информации для каждого обрабатываемого изображения НР предлагается использовать двухэтапную обработку, включающую проведение суперпиксельной сегментации [4] с последующей кластеризацией суперпикселей с помощью EM-алгоритма.

В случае условно-линейной фильтрации, уравнения для обновления оценки изображения ВР $\widetilde{\mathbf{x}}_{k|k}$ при поступлении очередного кадра $\mathbf{y}_k$ имеют следующий вид [6]:

$$\widetilde{\mathbf{x}}_{k+1|k} = \mathbf{F}\widetilde{\mathbf{x}}_{k|k} = \widetilde{\mathbf{x}}_{k|k-1} + \mathbf{W}_k(\boldsymbol{\theta}^k)(\mathbf{y}_k - \widetilde{\mathbf{y}}_{k|k-1}),$$

$$\widetilde{\mathbf{y}}_{k|k-1} = \mathbf{H}_k\widetilde{\mathbf{x}}_{k|k-1},\ \mathbf{F}_k = \mathbf{I},\ k = \overline{1,K},$$

$$\mathbf{V}_{k\theta} = \mathbf{P}_{k|k-1}(\boldsymbol{\theta}^{k-1})\mathbf{H}_k^T\mathbf{P}_{Ak}^T(\boldsymbol{\theta}_k),\ \mathbf{W}_k(\boldsymbol{\theta}^k) = \mathbf{V}_{k\theta}\mathbf{U}_{k\theta}^{-1}, \quad (3)$$

$$\mathbf{U}_{k\theta} = \mathbf{P}_{AAk\theta} \circ [\mathbf{H}_k\mathbf{P}_{k|k-1}(\boldsymbol{\theta}^{k-1})\mathbf{H}_k^T + \mathbf{R}_k] + \mathbf{P}_{BBk\theta} \circ \mathbf{S}_k,$$

$$\mathbf{P}_{k+1|k}(\boldsymbol{\theta}^k) = \mathbf{F}_k\mathbf{P}_{k|k}(\boldsymbol{\theta}^k)\mathbf{F}_k^T + \mathbf{Q}_k$$

$$= \mathbf{P}_{k|k-1}(\boldsymbol{\theta}^{k-1}) - \mathbf{W}_k(\boldsymbol{\theta}^k)\mathbf{U}_{k\theta}\mathbf{W}_k^T(\boldsymbol{\theta}^k) + \mathbf{Q}_k,$$

где $\widetilde{\mathbf{x}}_{k|k}$ и $\widetilde{\mathbf{x}}_{k+1|k}$ – оценка изображения ВР и её прогноз на следующий кадр; $\mathbf{P}_{k|k}$, $\mathbf{P}_{k+1|k}$ – матрица ковариаций оценки с экстраполяцией на следующий кадр; $\boldsymbol{\theta}^k = \{\boldsymbol{\theta}_1,\ldots,\boldsymbol{\theta}_k\}$ – последовательность двоичных векторов, получаемых в результате сегментации, содержащих единичные значения в позициях пикселей кадра $\mathbf{y}_k$, находящихся в областях закрытия; запись вида $\mathbf{A} \circ \mathbf{B}$ обозначает поэлементное перемножение операторов $\mathbf{A}$ и $\mathbf{B}$.

Реализация алгоритмов СР предполагает значительных вычислительных и временных затрат. Для достижения наибольшей скорости обработки этапы сегментации АП и определения параметров межкадровых сдвигов проводятся отдельно, лишь на основе кадров НР. Однако, наибольшая эффективность обработки может быть достигнута при проведении этих этапов совместно с процедурой повышения разрешения с учетом неопределенности относительно некоторых параметров обработки. Такой подход можно реализовать на основе алгоритма оптимальной фильтрации в адаптивной постановке (АОФА), потенциально обеспечивающего наилучший (по заданному критерию) результат оценивания изображения ВР [5].

В рамках данного подхода в моделях (2) вводится зависимость от случайного вектора $\boldsymbol{\delta}$, компоненты которого соответствуют параметрам обработки k-го кадра. Например, вектор $\boldsymbol{\delta}$ может содержать параметры аффинного преобразования, аппроксимирующих межкадровые сдвиги $\boldsymbol{\delta} = (\Delta x, \Delta y, \Delta\theta)^T$. Области возможных значений для Δx, Δy и $\Delta\theta$ считаются известными и дискретизируются решеткой отсчетов, содержащей $N_{\boldsymbol{\delta}}$ узлов, для каждого из которых задается вероятность реализации $p_{\boldsymbol{\delta}i}$. При поступлении очередного кадра, для каждого возможного значения вектора неизвестных параметров $\boldsymbol{\delta} = \mathbf{d}_i^{(k)}$,

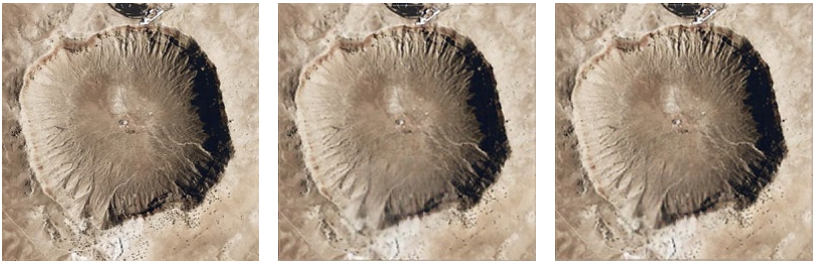
$i = \overline{1, N_{\boldsymbol{\delta}}}$ вычисляются условные оценки изображения ВР $\widetilde{\mathbf{x}}_{k|k}(\mathbf{d}_i^{(k)})$ на основе соотношений (2), где используется условный оператор $\mathbf{H}_k = \mathbf{H}_k(\mathbf{d}_i^{(k)})$, заданный на основе i-го возможного значения вектора $\mathbf{d}_i^{(k)}$. В окончательном варианте условные оценки суммируются с весами, пропорциональными апостериорны вероятностям гипотез $\boldsymbol{\delta} = \mathbf{d}_i^{(k)}$, $i = \overline{1, N_{\boldsymbol{\delta}}}$.

2. Результаты экспериментальных исследований

Для экспериментального сравнения описанных выше подходов к СР были сформированы 12 наборов цветных изображений НР размера 128x128, состоящие из 20 кадров. Смещение и повороты камеры между соседними кадрами были случайными, как и исходное расположение областей, поражённых аппликативными помехами. Примеры исходных изображений НР представлены на рис. 1.

Рис. 1. Примеры исходных изображений НР

В ходе эксперимента разрешение исходных изображений было увеличено в 2 раза. На рис. 2 представлены примеры изображений ВР, полученных на выходе.



а б в

а – оригинальное изображение, б – АОФ [4], в – АОФА [5]

Рис. 2. Примеры полученных изображений ВР

Для численного сравнения результатов использовались традиционные критерии пикового отношения сигнала к шуму (PSNR) и индекс структурного сходства (SSIM). Усредненные значения этих критериев по всей группе обрабатываемых изображений приведены в таблице ниже. Анализ результатов показывает, что алгоритмы, основанные на использовании условно-линейной фильтрации в адаптивной постановке (АОФА [5]) имеют большую точность восстановления исходного изображения ВР по сравнению с вариантом в обычной постановке (АОФ [4]).

Таблица

Точность восстановления исходного изображения

Используемый показатель	АОФ [4]	АОФА [5]
PSNR	24.59	26.87
SSIM	0.90	0.91

Заключение

Рассмотрен подход и алгоритмические реализации, основанные на использовании моделей оптимальной условно-линейной фильтрации в обычной и адаптивной постановке. Анализ результатов эксперимента показывает преимущество алгоритмов, основанных на применении условно-линейной оптимальной фильтрации последовательности изображений низкого разрешения в адаптивной постановке.

Список использованных источников

1. Kanemura, A. Image superresolution under spatially structured noise / A. Kanemura, S. Maeda, S. Ishii // IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology. – Cairo, Egypt, 2007. – С. 275–280.

2. Fukuda, W. Superresolution from occluded scenes / W. Fukuda [и др.] // International Conference on Neural Information Processing. – Bangkok, Thailand, 2009. – С. 19-27.

3. Negi, C. S. Super-resolution de-fencing: Simultaneous fence removal and high-resolution image recovery using videos / C. S. Negi [et al.] // IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW). – Chengdu, China, 2014.

4. Savvin, S. V. Superresolution algorithms in applicative noise conditions using superpixel segmentation / S. V. Savvin, A. A. Sirota, A. Yu. Ivankov. // International Conference on Digital Image & Signal Processing. – Oxford, United Kingdom, 2019.

5. Иванков, А. Ю. Адаптивный алгоритм оптимальной фильтрации для повышения разрешения на основе обработки последовательности цифровых изображений / А. Ю. Иванков // Вестник Воронежского государственного ун-та. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2016. – №. 4. – С. 142-147.

6. Ivankov, A. Y. Image sequence filtering algorithms for resolution improvement in applicative noise conditions / A. Y. Ivankov, A. A. Sirota // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. – 2015. – Т 51, №. 6. – С. 622–631.

Разработка и исследование программного обеспечения для классификации неоднородного потока зерновых смесей на основе обработки цветных изображений

А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru
А. В. Швырева, email: shvyreva@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматривается проблема классификации элементов зерновых смесей в интересах обеспечения эффективности потоковых систем фотосепарации. В условиях проведения фотосепарации в реальном времени скорость потока зерновых смесей достаточно высока. За время полета смеси система должна успеть провести съемку потока, передать кадр в систему распознавания и принятия решения, провести удаление дефектных объектов по принятым решениям с помощью воздушных клапанов. Особенностью предложенного алгоритма является высокое качество классификации и низкая вычислительная стоимость алгоритма. В качестве алгоритма классификации предлагается использовать алгоритм «Случайный лес», что позволяет свести процедуру классификации к нескольким логическим операциям. Выбранные признаки и алгоритм классификации обеспечивают 95% точности распознавания.*

Ключевые слова: *распознавание образов, классификация образов, машинное обучение, случайный лес, компоненты зерновых смесей.*

Введение

В настоящее время широко применяются устройства, заменяющие или упрощающие деятельность человека во всех областях жизнедеятельности. В агрокультурной промышленности для сортировки и очищения зерновых смесей от мусора и дефектных объектов используются специальные устройства – сепарирующие машины, которые повышают скорость обработки, что значительно сокращает время работ, а также исключает ошибки на основе человеческого фактора. Различают несколько видов сепарирующих машин, разделяющие смесь по разным свойствам объектов: по геометрическим характеристикам (длина, ширина, высота зерна), по упругости, по магнитным и электрическим свойствам и другим. Одной из наиболее перспективных технологий является фотосепарация, разделяющая смесь по цвету в случае полноцветной съемки и по интенсивности в случае

© Сирота А. А., Швырева А. В., 2020

применения монохромной камеры. С целью решения задачи распознавания и классификации используются современные достижения в области информационных и компьютерных технологий. Решение задачи классификации неоднородного потока объектов в системах фотосепарации и поточных анализаторах на основе обработки изображений может осуществляться с использованием различных методов и подходов, которые имеют свои преимущества и недостатки. Одним из перспективных подходов для решения данной задачи является применение методов машинного обучения для классификации. Известны работы с применением механизма искусственных нейронных сетей для классификации элементов зерновых смесей [1-3], которые демонстрируют высокую точность распознавания и классификации, однако в условиях малопроизводительного вычислительного устройства (которые применяются на производстве) использование подобных алгоритмов в режиме сепарации в реальном времени затруднительно. В условиях проведения фотосепарации в реальном времени скорость потока зерновых смесей достаточно высока. За время полета смеси система должна успеть провести съемку потока, передать кадр в систему распознавания и принятия решения, провести удаление дефектных объектов по принятым решениям с помощью воздушных клапанов.

1. Постановка задачи

Целью данной работы является разработка и исследование алгоритма классификации неоднородного потока зерновых смесей на основе обработки цветных изображений в системах сепарации реального времени. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- распознавание элементов зерновых смесей на входных изображениях;
- определение набора дескрипторов для получения максимума полезной информации об объектах;
- определение алгоритма классификации объектов, с возможностью использования в условиях проведения фотосепарации в реальном времени;
- обучение и тестирование классификатора.

Для обеспечения максимального быстродействия (в условиях малопроизводительной ЭВМ) необходимо уменьшить вычислительную сложность каждого этапа.

Распознавание элементов зерновых смесей включает предварительную обработку изображений, основанную на фильтрации исходного изображения, устранении помех, повышающих качество бинаризации и выделение объектов на сложном фоне.

Определение признаков. Выделяют более 200 морфологических, цветовых и текстурных дескрипторов. Для нашей задачи будем использовать наиболее простые с точки зрения вычислительной сложности признаки, которые, в то же время, обладают максимальной информативностью: площадь и периметр, средние значения и дисперсии по каждому цветовому каналу, а также гистограмму цветов.

Выбор алгоритма классификации. Для решения данной задачи был выбран алгоритм Random Forest или «случайный лес». Преимуществом алгоритма является достигаемая при его реализации высокая степень параллелизма, что позволяет использовать многоядерные системы, и хорошая масштабируемость. Идея алгоритма состоит в использовании ансамбля решающих деревьев, а процесс принятия решения (классификации элемента зерновой смеси) сводится к нескольким логическим операциям [4].

2. Описание математической модели

Случайный лес представляет собой композицию ансамбля деревьев, которая может формироваться различным образом, – в стандартном варианте, на основе баггинга [4]. Понятие дерева решений отвечает понятию дерева из теории графов. Как известно, дерево представляет собой ориентированный (с заданными направлениями соединения вершин ребрами графа) связный граф без циклов (без обратных связей).

Случайные леса реализуют подходы к построению ансамбля классификаторов, основанные на манипулировании с обучающими данными и манипулировании с признаками с включением в эти процессы элементов случайности. Суть подхода заключается в том, что для построения каждого дерева используется только фиксированная доля случайно отобранных признаков. Ансамбли построенных деревьев называются случайными лесами решений [4].

Стандартный алгоритм построения и применения случайного леса может быть представлен в следующем виде. На первом этапе реализуется индукция леса. Алгоритм может быть представлен следующим образом. В цикле для $k = \overline{1, L}$ деревьев ансамбля выполнить следующие действия:

– по исходной обучающей выборке $XD^N = \{(x^{(i)}, d^{(i)}), i = \overline{1, N}\}$ сформировать бутстреп выборку XD_k^N (случайную выборку того же объема с возвращением элементов);

– по бутстреп выборке XD_k^N индуцировать не усеченное дерево решений T_k с минимальным количеством наблюдений в терминальных вершинах, равным $n_{\min}$, рекурсивно следуя следующей процедуре:

– из исходного набора n признаков случайно выбрать p признаков;

– из p признаков выбрать признак, который обеспечивает наилучшее расщепление;

– расщепить выборку, соответствующую обрабатываемой вершине, на две подвыборки;

В результате получаем ансамбль деревьев решений $\left\{T_k, k=\overline{1,L}\right\}$.

На втором этапе проводится распознавание новых наблюдений, которое осуществляется следующим образом: выбирается класс образов $x \in \omega_i$, который максимальное число раз выбран базовыми классификаторам [4]:

$$\widetilde{d}(x) = i = \arg\max_{j=\overline{1,L}} \left\{ \sum_{k=1}^{L} I_k(x \in \omega_j) \right\}, \quad I_k(x \in \omega_j) = \begin{cases} 1, x \in \omega_j, \\ 0, x \notin \omega_j. \end{cases}$$

3. Практическая реализация

Практическая реализация описанных алгоритмов анализа полноцветных изображений потока зерновых смесей реализована на языке C++ с использованием библиотек Qt-5.6.3 и OpenCV-3.4.0.

В листинге 1 представлен фрагмент кода, реализующий выполнение бинаризации исходных изображений.

Листинг 1

Бинаризация исходных изображений

```
threshold =50;
buf = im.at<Vec3b>(y,x)[color]-im.at<Vec3b>(0,x)[color];
if (std::abs(buf)<threshold)
grim.at<Vec3b>(y,x)[color]=0;
else grim.at<Vec3b>(y,x)[color]=255;
```

Примеры исходного и бинаризованного изображения представлены на рисунках 1, 2. Граничные точки не участвуют в формировании массива обучающих данных, поэтому полученные «объекты» по краям изображения не влияют на качество экспериментов.

Для удобства работы с объектами и подсчета признаков был создан класс Sample. Все выделенные объекты становятся экземплярами данного класса и несут в себе значения максимальных и минимальных координат X и У, а также вектор точек исходного изображения,

принадлежащих данному объекту. В качестве признаков используется площадь (число пикселей объекта), периметр (число пикселей объекта, граничащих с фоном), среднее значение красного, синего, зеленого, а также дисперсия красного, синего и зеленого в объекте, гистограмма яркости. Для расчета яркости используется выражение (1) :

$$I = 0.3 * R + 0.59 * G + 0.11 * B,$$

где I – яркость пиксела, R – значение красной составляющей цвета пиксела, G – значение зеленой составляющей цвета пиксела, B – значение синей составляющей цвета пиксела.

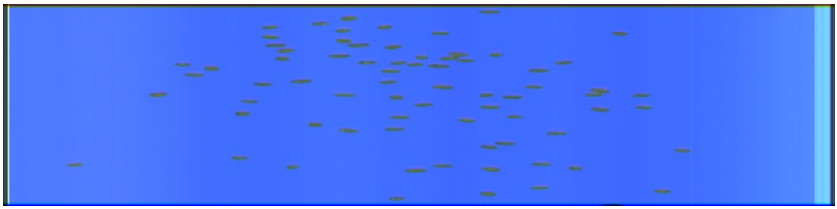


Рис. 1. Пример исходного изображения ЭЗС

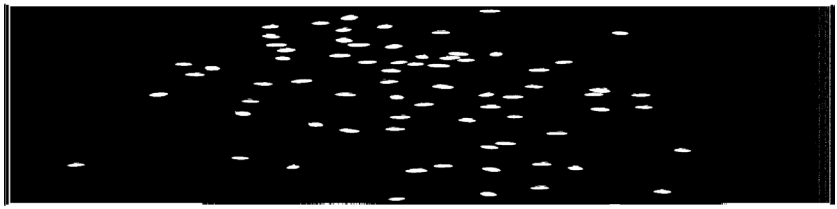


Рис. 2. Пример бинаризованного изображения ЭЗС

Создание и обучение классификатора. В качестве классификатора используется алгоритм «Случайный лес», предлагаемый библиотекой opencv в модуле ml.h. У данного классификатора имеется множество возможных настроек параметров, большинство из которых зададим в коде программы. Пользователь может изменять максимальную глубину решающих деревьев, минимальное число объектов при котором выполняется расщепление, число признаков для выбора расщепления, количество деревьев в лесу.

В листинге 2 представлен фрагмент программы, отвечающий за создание случайного леса.

На рисунке 3 представлен интерфейс разработанного программного средства.

Листинг 2

Создание «случайного леса» в opencv-3.4

```
cv::Ptr<cv::ml::RTrees> rf;
rf = cv::ml::RTrees::create();
rf->setMaxDepth(maxDepth);
rf->setMinSampleCount(minSampleCount); //Минимальное число
объектов, при котором выполняется расщепление def=10
rf->setUseSurrogates(false);
rf->setPriors(cv::Mat());
rf->setActiveVarCount(activeVarCount); //Число признаков для
выбора расщепления sqrt(descriptors)
rf->setTermCriteria(PhotoTraining::TC(numTrees,0.01f));
rf->train(tdata);
```

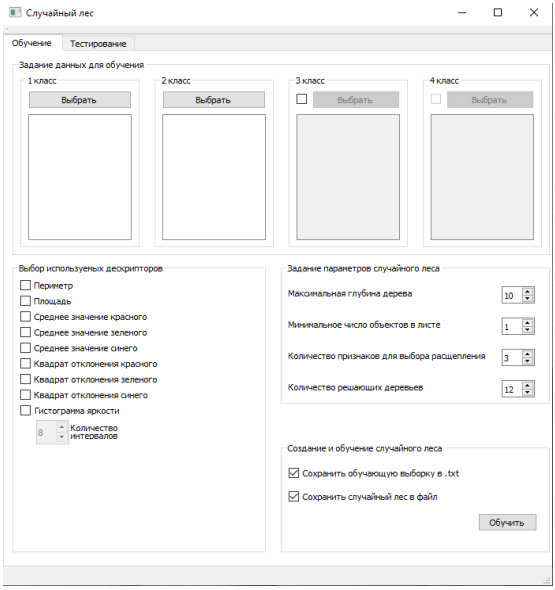


Рис. 3. Интерфейс разработанного программного комплекса (вкладка обучения)

На вкладке обучения пользователь может выбрать изображения для обучения классификатора. Также пользователю представляется возможность выбора используемых дескрипторов. В случае выбора гистограммы яркости, необходимо указать количество интервалов разбиения, по умолчанию предлагается 8 интервалов. Далее имеется возможность задания параметров случайного леса с установленными значениями по умолчанию. Опционально возможно сохранить

обучающую выборку в текстовый файл и обученный случайный лес в файл. Такую выборку можно далее обрабатывать с помощью других средств. Сохраненный случайный лес можно загрузить с помощью вкладки тестирование.

Вкладка обучения позволяет провести обучение и тестирование алгоритма с помощью метода скользящего контроля на исходных данных. Для проведения независимого тестирования необходимо воспользоваться вкладкой тестирования, имеющей аналогичный интерфейс.

Результаты обучения и тестирования можно увидеть во всплывающем окне, представленном на рисунке 4.

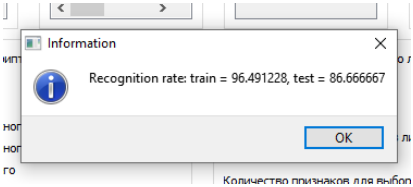


Рис. 4. Результаты обучения классификатора

4. Полученные результаты

Для изучения эффективности алгоритма были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых на вход программного комплекса подавались наборы тестовых изображений, содержащих элементы различных зерновых смесей с целью их дальнейшей классификации. Ставились задачи классификации различных культур между собой, разделения культур и мусора (палки, кожура, пыль), а также разделения здоровых и зараженных ЭЗС одной культуры. В ходе тестирования использовались смеси с участием следующих культур: подсолнечник, пшеница, лен, рис, соя, ячмень, миндаль, горох, кофе, фундук, чечевица, кориандр. В качестве классов объектов принимались отдельные культуры ЭЗС (или культура и мусор, или здоровый и зараженный ЭЗС, в зависимости от постановки задачи). На основе входных данных происходит обучение и тестирование классификатора типа «Случайный лес». Для обучения использовались выборки различных размеров, но не менее чем 100 элементов каждого класса. При проведении экспериментов оценивалось число правильно классифицированных объектов к общему числу объектов. Результаты оценки качества работы классификатора представлены в таблице, где «Об.» - результаты на обучающих данных, а «Т.» - на тестовых. Всего использовалось 16 признаков: площадь, периметр, 3 средних значения -

по каждому цветовому каналу, 3 значения дисперсии - по каждому цветовому каналу, 8 значений гистограммы яркости. В таблице используемые признаки обозначены цифрами: площадь - 1, периметр - 2, средние значения R – 3, G – 4, B – 5, значения дисперсии R – 6, G – 7, B – 8, гистограммы яркости – 9.

Таблица

Результаты оценки качества работы классификатора

Призна-ки	Вероятность ошибочного распознавания объектов									
	Пшеница ячмень		Греча DALSA		Чечевица пшеница		Зеленые коричн. светлые серые		Подсолн. палки	
	Об.	Т.	Об.	Т.	Об.	Т.	Об.	Т.	Об.	Т.
1-3	6%	7%	5%	6%	6%	9%	15%	17%	5%	7%
1-5	4%	4%	1%	1%	4%	6%	6%	11%	4%	5%
1-8	2%	5%	1%	1%	3%	4%	5%	10%	3%	6%
1-9	2%	5%	1%	1%	2%	4%	3%	9%	3%	5%

В случае получения достаточного количества качественных изображений, полученная точность классификации, обеспечиваемая данным ПО достигает не менее 95%. Однако в случае плохой разделимости классов (задача разделения зеленые, коричневые, светлые и серые) и недостаточного количества обучающих данных, наблюдается явление переобучения и точность классификации падает.

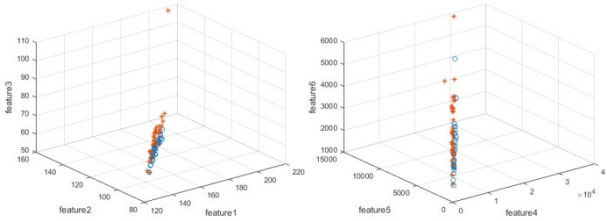
Предложенный алгоритм также использовался для классификации здоровых и зараженных грибковыми заболеваниями зерен арахиса. Решалась задача классификации ЭЗС на 2 класса. На вход программного комплекса подавались наборы тестовых изображений, содержащих здоровые зерна арахиса в количестве 29 ЭЗС, и зерна, зараженные грибком, в количестве 43 ЭЗС. На основе входных данных происходит обучение и тестирование классификатора типа «Случайный лес». Пример исходных данных представлен на рисунке 5.

Использование признаков площади и периметра в данной задаче не имеет смысла, так как здоровые и зараженные объекты принадлежат к одной культуре и не имеют по ним различий. На рисунке 6 представлена визуализация признакового пространства средних значений и дисперсий цветовых компонент. Как видно из полученных представлений признаки практически неразделимы в данной задаче.

а б

а – здоровые объекты, б – зараженные объекты

Рис. 5. Пример изображений арахиса



а б

а – средние значения, б – значения дисперсии

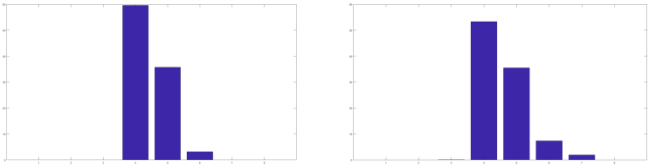
Рис. 6. Визуализация признаков

Для решения задачи помогает использование непараметрического описания ЭЗС, а именно – гистограммы распределения яркости по каждому объекту.

На рисунке 7 представлены усредненная гистограмма яркости здоровых и зараженных ЭЗС. По вертикали гистограмм обозначаются проценты встречаемости пикселей с яркостью из интервала разбиения в ЭЗС, а по горизонтали – интервалы разбиения яркости: 1 (0..31), 2 (32..63), 3 (64..95), 4 (96..127), 5 (128..159), 6 (160..191), 7 (192..223), 8 (224..255). Как видно из приведенных гистограмм, зараженные объекты имеют более растянутую и «диффузную» гистограмму, что позволяет достаточно эффективно разделить объекты.

В результате использования в качестве признака гистограммы яркости в реализованном математическом и программном обеспечении точность классификации достигает 95% (рисунок 8). Кривая Etest обозначает результат распознавания на тестевых данных, Etrain – результат на данных, используемых для обучения, а Eoob – результат,

полученный с использованием метода скользящего контроля. Буквой N обозначается количество ЭЗС, участвующих в классификации, буквой P – часть данных, используемых для обучения при методе скользящего контроля, H – количество реализаций процесса обучения для каждого значения количества деревьев в лесу, а MinLeaf – минимальное количество объектов в листе.



а б

а – «здоровые» ЭЗС, б – «зараженные» ЭЗС

Рис. 7. Усредненные гистограммы яркости ЭЗС

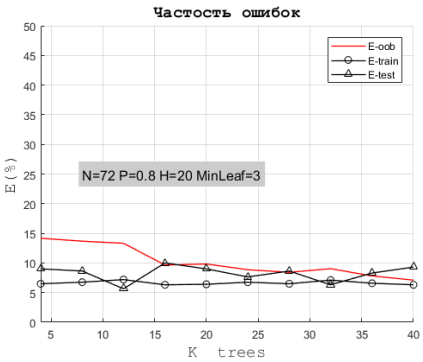


Рис. 8. Результаты распознавания с использованием гистограммы яркости

Заключение

На основе результатов тестирования можно сделать выводы о возможности применения алгоритма «Случайный лес» в контексте решаемой задачи. Предложенный алгоритм обеспечивает высокую точность классификации элементов как различных зерновых смесей так и зараженных и здоровых объектов, а также обладает низкой вычислительной стоимостью, что позволяет выполнять классификацию быстрее, чем классификатор на основе искусственных нейронных сетей.

На разработанное программное обеспечение получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для классификации изображений элементов зерновых смесей с использованием алгоритма «Случайный лес».

Поддержка

Результаты работы получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России по проекту № 8.3844.2017/4.6 «Разработка средств экспресс-анализа и классификации элементов неоднородного потока зерновых смесей с патологиями на основе интеграции методов спектрального анализа и машинного обучения».

Список литературы

1. Методы распознавания элементов зерновых смесей по результатам измерения спектральных характеристик в системах сепарации реального времени / Э.К. Алгазинов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. — Воронеж, 2013. — № 2. - С. 9-19 .

2. Методы классификации элементов зерновых смесей на основе анализа спектральных характеристик в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн / А.О. Донских [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. — Воронеж, 2016. — № 1. — С. 150-160 .

3. Аппаратно-программный комплекс для анализа неоднородного потока объектов в системах фотосепарации реального времени / Э.К. Алгазинов [и др.] // Измерительная техника. — Москва, 2014. — № 5. — С. 23-29 .

4. Сирота, А. А. Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование в MATLAB : [учебное пособие] / А.А. Сирота. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2016 .— 381 с.

Методический подход к оценке своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону путем блокирования информации в комплексах физической защиты

С.В. Скрыль, email: karel105@mail.ru [1]
С.А. Винокуров, email: svinokurov1@mvd.ru [2]
Т.В. Мещерякова, email: mescher73@mail.ru [2]
Т.Б. Ходырев, email: hodirev@mail.ru [2]
В.Н. Асеев, email: v.aseev@mail.ru [3]

[1] Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
[2] Воронежский институт МВД России
[3] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе обосновывается актуальность адекватной оценки своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону путем блокирования информации в комплексах физической защиты (КФЗ). Приводится обобщенная представление показателя своевременности. Рассматривается модель нарушения режима охраны объекта. Приводятся математические модели для оценки своевременности реагирования на действия нарушителя при реализации им различных этапов противоправных действий.*

Ключевые слова: *комплекс физической защиты, блокирование информации в КФЗ, своевременность реагирования на проникновение в охраняемую зону в результате блокирование информации в КФЗ.*

Введение

Оргкомитет Международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технология» рад приветствовать своих участников и потенциальных участников. Данный документ представляет собой шаблон оформления и описание требований оформления работ для участников данной конференции.

Среди наиболее значимых объектов транспортной инфраструктуры, подлежащих, подлежащих обязательной охране подразделениями Росгвардии особое место занимают морские порты с местами стоянок и обслуживания судов и иных плавсредств с ядерными энергетическими установками и радиационными источниками [1, 2].

© Скрыль С.В., Винокуров С.А., Мещерякова Т.В., Ходырев Т.Б., Асеев В.Н, 2020

Анализ состояния антитеррористической защищенности этих объектов, а также их террористической уязвимости обуславливает создание на них системы безопасности с ситуационным реагированием на террористические угрозы, обеспечивающим минимально возможные последствия их проявлений. [3]. Это диктует необходимость расширения спектра технических средств физической защиты, их совершенствования и повышения эффективности, за счет внедрения новых информационных и телекоммуникационных технологий [4].

В этих условиях широкое развитие находят мобильные комплексы физической защиты (КФЗ), представляющие собой системы технических систем наблюдения, охраны и противодействия нарушителям, способные обеспечивать защиту объектов морских портов, любых категорий судов и плавсредств со стороны суши и воды, а также осуществлять мониторинг охраняемой территории и акватории морского порта.

Целевой функцией КФЗ, как систем, функционирующих по своему целевому назначению, является функция управления процессами охранного мониторинга. Реализуемые при этом информационные технологии направлены на решение следующих сугубо управленческих задач:

– централизованный сбор и ретрансляция данных для автоматизированных рабочих мест дежурных постов управления;

– передача информации от функциональных постов мониторинга до поста управления;

– совмещение передачи дежурной информации из зон контроля с передачей видеоизображения;

– непосредственное управление серверами оборудования функциональных постов и исполнительных устройств.

Объективной уязвимостью любой системы, относящейся к классу управляющих, является блокирование информации [5]. Как угроза безопасности информации ее блокирование во многом совпадает с другой серьезной угрозой - искажением, и отличается лишь тем, что модификации подвергается не смысловая, а управляющая информация [6].

Для КФЗ, как системы, блокирование информации приводит к невыполнению им своей целевой функции, а с учетом ее содержания – к серьезным последствиям.

Это, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к обеспечению высокой степени защищенности информации от блокирования в КФЗ, полностью исключающую возможность нарушения работоспособности комплекса [7].

Таким образом очевидна необходимость решения довольно сложной как в методическом, так и в практическом плане проблемы – проблемы совершенствования механизмов защиты информации от блокирования в КФЗ. Решение данной проблемы напрямую связано с вопросами разработки математических моделей адекватной оценки эффективности противодействия проникновению в охраняемые зоны путем блокирования информации в КФЗ. При этом следует учесть, что адекватность оценки в значительной степени определяется формальной интерпретацией эффекта противодействия проникновению и формальной интерпретацией подобного рода угроз нарушения режима охраны объекта.

1. Формальное представление показателя эффективности противодействия проникновению в охраняемой зоне, путем блокирования информации в КФЗ

Оформление работы должны строго выполняться с использованием только стилей, которые представлены в данном шаблоне.

Формальную интерпретацию эффекта противодействия проникновению в охраняемые зоны путем блокирования информации в КФЗ, рассмотрим на примере формализованного представления показателя эффективности противодействия.

С этой целью определим условие, когда функции противодействия реализуются эффективно. Будем считать, что таким условием является ситуация, когда за время, не превышающее время реализации противоправных действий по проникновению на охраняемую территорию в результате блокирования информации в КФС, были выполнены все функции реагирования на такого рода угрозу. Формально это соответствует условию:

$$\omega \le \tau, \qquad (1)$$

где ω - время реализации функций реагирования на угрозу проникновения на охраняемую территорию в результате блокирования информации в КФС;

τ - время реализации противоправных действий по проникновению на охраняемую территорию в результате блокирования информации в КФС.

Условие (1) может рассматриваться как вариант формата нормирования величины τ величиной ω.

Исходя из того обстоятельства, что величины τ и ω в общем случае является случайными выполнение условия (1) является случайным событием, описываемым соответствующей вероятностью -

$P(\omega \le \tau)$. Данная вероятность определяет своевременность реагирования на угрозу проникновения в охраняемую зону в результате блокирования информации в КФС и может быть рассмотрена в качестве характеристики эффективности противодействия такого рода угрозам:

$$C = P(\omega \le \tau). \quad (2)$$

2. Формальная интерпретация угроз нарушения режима охраны объекта

Формальная интерпретация угроз нарушения режима охраны объекта, как результата противоправных действий, совершаемых нарушителями в том числе и в отношении информационных ресурсов и информационных процессов, реализуемых охранным оборудованием, определяется как модель нарушения режима охраны объекта.

Естественно, что содержание модели нарушения режима охраны объекта, определяется характером процессов обеспечения физической защиты объекта и существенным образом зависит от специфики информационных процессов, реализуемых в процессе функционирования охранного оборудования.

Представление модели нарушения режима охраны объекта в форме проникновения в охраняемую зону путем блокирования информации в КФЗ связано с рядом ограничений на интерпретацию действий нарушителя. Подобные ограничения сводятся к следующему:

1. субъектом нарушения режима охраны объекта в форме проникновения в охраняемую зону путем блокирования информации в КФЗ являются внешний и внутренний нарушители;

2. внешний и внутренний нарушители квалифицируются как злоумышленники;

3. противоправные действия злоумышленников имеют целевую мотивацию;

4. целевыми функциями внутреннего нарушителя являются осуществление доступа к аппаратным и программным средствам КФЗ, анализ состояния охраняемой зоны и блокирование информации в комплексе;

5. целевой функцией внешнего нарушителя является несанкционированный доступ в охраняемую зону.

6. рассмотренные целевые функции реализуются последовательно, что позволяет рассматривать их как этапы проникновения в охраняемую зону:

этап 1 – осуществление доступа к аппаратным и программным средствам КФЗ;

этап 2 – анализ состояния охраняемой зоны;

этап 3 – блокирование информации в комплексе;

этап 4 – несанкционированный доступ в охраняемую зону.

7. существует определенный временной интервал между моментом начала реализации функций противоправных действий и моментом начала реагирования на такого рода действия. Для этапов осуществления доступа к аппаратным и программным средствам КФЗ и анализа состояния охраняемой зоны длительность данного временного интервала соизмерима с временем реализации этих этапов. В случае этапов блокирования информации в комплексе и несанкционированного доступа в охраняемую зону длительность временного интервала между моментом начала реализации этапа и моментом начала реагирования на совершаемые противоправные действия будет существенно меньше времени реализации этих этапов;

8. кратность несанкционированного доступа к информации КФЗ внутренним нарушителем определяется возможностями по обеспечению скрытности своих действий. При этом вероятность двукратного несанкционированного доступа к информации комплекса внутренним нарушителем существенно ниже однократного, а вероятность трехкратного – существенно ниже двукратного;

9. для внешнего нарушителя характерно однократное (за исследуемый период) выполнение противоправных действий.

Рассмотренные ограничения позволяют представить угрозы нарушения режима охраны объекта на временном интервале $[t_{(н)}, t_{(о)}]$ исследования процесса функционирования КФС как элементарный поток событий с соответствующими свойствами: стационарности, ординарности и отсутствия последействия [8].

С целью проверки предположения о стационарности угроз нарушения режима охраны объекта предположим, что временной интервал от момента начала до момента окончания исследования процесса функционирования КФС значительно превосходит время существования такого рода угрозы. С учетом этого условия, а также того обстоятельства, что период возникновения угроз нарушения режима охраны объекта, как временной интервал между двумя последовательными возникновениями такого рода угроз, соизмерим с длительностью временного интервала исследования процесса функционирования КФС, можно утверждать о стационарности потока угроз рассматриваемого вида.

Предположение об ординарности угроз нарушения режима охраны объекта подтверждается приведенными выше ограничениями 8 и 9.

Для доказательства свойства отсутствия последействия в исследуемых процессах воспользуемся тем обстоятельством, что при реализации угроз нарушения режима охраны объекта злоумышленник может реализовывать свои противоправные действия в пределах исследуемого временного интервала скрытно.

3. Аналитические модели частных характеристик своевременности реагирования на угрозу проникновения в охраняемую зону

При формировании аналитических моделей частных характеристик своевременности реагирования на угрозу проникновения в охраняемую зону на этапах 1 – 4 (характеристик, представленных в виде выражения (2)) воспользуемся существующим в теории информационной безопасности методическим аппаратом для исследования своевременности реализации мер защиты информации [9].

Исходя из содержания ограничения 7 на интерпретацию действий нарушителя режима охраны объекта при формировании математической модели показателя (2) для этапов 3 и 4 условием своевременности реагирования на угрозы нарушения режима охраны объекта является условие (1). Математической интерпретацией данного условия является событие практически мгновенного реагирования на угрозу. Формально это можно представить в виде:

$$t_{(нр)i} - t_{(ну)i} \approx 0, \qquad (3)$$

где i – индекс, характеризующий этап проникновения в охраняемую зону:

$i = 3$ – этап блокирования информации в КФС;

$i = 4$ – этап несанкционированного доступа в охраняемую зону;

$t_{(ну)i}$ – момент времени начала реализации i-го этапа противоправных действий;

$t_{(нр)i}$ – момент времени начала реагирования на совершаемые на i-ом этапе противоправные действия.

Математической интерпретацией условия (3) является событие практически мгновенного реагирования на угрозу, из чего следует, что для математической модели характеристики своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону на этапах 3 и 4, как вероятности соответствия временных характеристик реагирования на угрозы нарушения режима охраны объекта требуемым значениям, достаточно одного условия - условия (1) (что соответствует виду характеристики (2)).

С целью построения такой модели воспользуемся сходством представления данного показателя в виде (2) и представления функции распределения вероятностей в виде [10]:

$$F = P\left(x < y\right) \tag{4}$$

Это позволяет определить данный показатель исходя из представления (4) в виде:

$$C_i = P\left(\overline{\omega}_i \le \tau_i\right) = 1 - P\left(\tau_i < \overline{\omega}_i\right) = 1 - \int_0^{\overline{\omega}_i} f_{(\tau)i}\left(z\right) dz, \tag{5}$$

где $f_{(\tau)i}$ - функция плотности вероятности случайной величины τ_i;

$\overline{\omega}_i$ - среднее значение случайной величины ω_i;

i - соответствует (3).

Исходя из приведенного выше обоснования математической интерпретации характеристик угроз нарушения доступности информации в КФС случайная величина времени τ с достаточной степенью достоверности может аппроксимироваться экспоненциальным законом распределения [10].

Это позволяет для определения функции вида (5) как характеристики E_i своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону на этапах 3 и 4 использовать выражение:

$$C_i = P\left(\omega_i \le \tau_i\right) = \exp\left(-\frac{\overline{\omega}_i - \tau_{(\min)i}}{\overline{\tau}_i}\right) \tag{6}$$

в котором τ_i и $\tau_{(\min)i}$ - среднее и минимальное значения случайной величины τ_i, соответственно.

Математической интерпретацией события, описывающего случай, когда реагирование на угрозу нарушения режима охраны объекта не мгновенное, что соответствует этапам 1 и 2 проникновения в охраняемую зону, является условие, альтернативное условию (3):

$$t_{(нр)j} - t_{(ну)j} \neq 0, \tag{7}$$

в котором j = 1 – этап осуществления доступа к аппаратным и программным средствам КФС;

j = 2 – этап анализа состояния охраняемой зоны.

В этом случае имеет место не одно, как в случае (1) а три условия своевременности реагирования на такого рода угрозы:

$$t_{(ну)j} + \tau_j > t_{(нр)j}, \tag{8}$$

$$t_{(нр)j} + \omega_j > t_{(ну)j}, \tag{9}$$

$$t_{(нр)j} + \omega_j \le t_{(ну)j} + \tau_j, \tag{10}$$

В этих условиях характеристика своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону путем блокирования информации в КФЗ представляется не в виде (2), а в виде:

$$C_j = P\left(t_{(ну)j} + \tau_j > t_{(нр)j}, t_{(нр)j} + \omega_j > t_{(ну)j}, t_{(нр)j} + \omega_j \le t_{(ну)j} + \tau_j\right) \tag{11}$$

Соответствующая выражению (11) функция распределения вероятностей, по аналогии с (4), представляется в следующем виде [11]:

$$\begin{aligned} C_j &= P(t_{(ну)j} + \tau_j > t_{(нр)j}, t_{(нр)j} + \omega_j > t_{(ну)j}, t_{(нр)j} + \omega_j \le t_{(ну)j} + \tau_j) = \\ &= \int_0^{\alpha} dt \cdot \int_0^{t+\overline{\tau}_j-\overline{\omega}_j} f_{1j}(u) \cdot f_{2j}(t) du - \int_0^{\alpha} dt \cdot \int_0^{t} f_{1j}(u) \cdot f_{2j}(t) du = \\ &= \int_0^{\alpha} f_{2j}(t) \cdot \left[\frac{F_{1j}\left(t + \overline{\tau}_j - \overline{\omega}_j\right)}{\beta_{1j}} - F_{1j}(0) \right] dt - \int_0^{\alpha} f_{2j}(t) \cdot \left[\frac{F_{1j}(t)}{\beta_{2j}} - F_{1j}(0) \right] dt = \\ &= \int_0^{\alpha} f_{2j}(t) \cdot \left[\frac{F_{1j}\left(t + \overline{\tau}_j - \overline{\omega}_j\right)}{\beta_{1j}} - \frac{F_{1j}(t)}{\beta_{2j}} \right] dt, \end{aligned} \tag{12}$$

где f_{1j}, f_{2j} – плотности распределения случайных величин $t_{(нр)j}$ и $t_{(ну)j}$, соответственно;

$F_{1j}(x)$ – соответствующая закону распределения f_{1j} функция распределения случайных величин, ограничивающих размер области выполнения условий (8) - (10);

β_{1j}, β_{2j} – нормировочные коэффициенты для усеченных распределений, соответствующих плотностям f_{1j} и f_{2j}, соответственно [12];

α – время, в течение которого может проявиться хотя бы одна угроза.

Выразив $t_{(ну)j}$ через $t_{(нр)j}$ и устремив $\alpha \to \infty$ выражение (12) можно представить в виде:

$$C_j = \int_0^{\infty} f_{2j}(t) \cdot \left[\frac{1}{\beta_{1j}} \cdot F_{j1}(t + \overline{\tau}_j - \overline{\omega}_j) - \frac{1}{\beta_{2j}} \cdot F_{1j}(t) \right] dt, \tag{13}$$

Взяв за основу обобщенное формализованное представление (13) сформируем математическую модель характеристики своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону на этапах 3 и 4.

С этой целью воспользуемся обоснованным выше формализованным представлением модели нарушения режима охраны объекта в форме проникновения в охраняемую зону путем блокирования информации в КФЗ и представлением угроз проникновения на временном интервале исследования как элементарного потока событий с соответствующими свойствами: стационарности, ординарности и отсутствия последействия. Следствием подобной математической интерпретации угроз как элементарного потока является экспоненциальный закон распределения времени их существования [10].

В свою очередь время реагирования на проникновение в охраняемую зону путем блокирования информации в КФЗ, как случайная величина, представляет собой композицию времени реализации отдельных функций противодействия проникновению. В соответствии с представленной в [12] функциональной моделью процессы противодействия реализуются определенным множеством функций.

Число последовательно композиционно связанных функций, составляющих процесс обнаружения проникновения на охраняемый объект и процесс препятствования действиям нарушителя режима охраны объекта является достаточным, чтобы в соответствии с положениями центральной предельной теоремы теории вероятностей (в ее интерпретации Линдебергом и Ляпуновым [13]), рассматривать время реализации этих процессов как случайные величины, имеющую нормальное (гауссово) распределение.

С учетом изложенного представим выражение (13) в виде решения соответствующего интеграла [14]:

$$C_j = \frac{1}{2\cdot\beta_{2j}}\cdot\left(-\exp\left(\frac{\overline{\tau}_j-\overline{\tau}_{(n)j}-\overline{\tau}_{(o)j}}{\overline{\tau}_{(o)j}}\right)\right)\cdot erf\left(\frac{\left(\overline{\tau}_j-\overline{\tau}_{(n)j}-\overline{\tau}_{(o)j}\right)\cdot\overline{\tau}_{(o)j}+\sigma_j^2}{\overline{\tau}_{(o)j}\cdot\sigma_j\cdot\sqrt{2}}\right)+ \qquad (14)$$

$$+\frac{1}{2\cdot\beta_{2j}}\cdot erf\left(\frac{\overline{\tau}_j-\overline{\tau}_{(n)j}-\overline{\tau}_{(o)j}}{\sigma_j\cdot\sqrt{2}}\right)+\frac{1}{2\cdot\beta_{1j}}\cdot erf\left(\frac{\sigma_j^2-\overline{\tau}_{(o)j}^2}{\overline{\tau}_{(o)j}\cdot\sigma_j\cdot\sqrt{2}}\right)+$$

$$+\frac{1}{2\cdot\beta_{1j}}\cdot erf\left(\frac{\overline{\tau}_{(o)j}^2}{\sigma_j\cdot\sqrt{2}}\right)$$

где $\overline{\tau}_{(o)j}$, σ_j – среднее значение и среднеквадратическое отклонение случайной величины времени реализации процесса обнаружения проникновения на охраняемый объект, соответствующее длительности временного интервала $t_{(пр)j}-t_{(пу)j}$;

$\overline{\tau}_{(n)}$ – среднее значение случайной величины времени реализации процесса препятствования действиям нарушителя режима охраны объекта;

$$\beta_{1j} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - erf\left(\frac{\overline{\tau}_j - \overline{\tau}_{(n)j} - \overline{\tau}_{(o)j}}{\sigma_j \cdot \sqrt{2}} \right) \right);$$

$$\beta_{2j} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + erf\left(\frac{\overline{\tau}_{(o)j}}{\sigma_j \cdot \sqrt{2}} \right) \right);$$

$erf(x) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^x e^{-z^2} dz$ – функция ошибок (функция Лапласа или интеграл вероятности) [10].

С учетом того, что своевременность реагирования на проникновение в охраняемую зону путем блокирования информации КФЗ является характеристикой события, состоящего в обеспечении своевременности реагирования на подобного рода действия на всех этапах нарушения режима охраны объекта соответствующий показатель определим как:

$$E = \left(1 - \prod_{k=1}^{4} (1 - C_k) \right). \quad (15)$$

Заключение

Выражение (15) следует рассматривать как математическую модель своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону путем блокирования информации КФЗ и использовать в качестве эффективного инструмента оценки данного показателя.

Список литературы

1. Временное положение по оснащению портовых средств инженерно-техническими средствами охраны [Текст] – Утверждено распоряжением Росморречфлота от 29 июля 2005 г. – № ВР-211-р. – 8 с.

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 2 ноября 2009 г. № 1629-р «О Перечне объектов, подлежащих обязательной охране полицией» [Электронный ресурс] : КонсультантПлюс – Режим доступа : http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93440

3. Федеральный закон от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ «О противодействии терроризму» [Электронный ресурс] : КонсультантПлюс – Режим доступа : http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_58840

4. Рекомендации Р 78.36.038-2013 «Построение и техническое обслуживание локально-вычислительной сети в пределах пункта централизованной охраны» – М.: НИЦ «Охрана» МВД России, 2012. – 27 с.

5. Информационная безопасность телекоммуникационных систем (технические вопросы): учебное пособие для системы высшего профессионального образования России / С. В. Скрыль [и др.]. – М.: Радио и связь, 2004. – 388 с.

6. Скрыль, С. В. Основы системного анализа в защите информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / С. В. Скрыль, А. А. Шелупанов. – М.: Машиностроение, 2008. – 138 с.

7. Ходырев, Т. Б. Организация защиты информации в системах физической защиты критически важных объектов / Т. Б. Ходырев, Е. А. Белова // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2013. – С.142 - 144.

8. Вентцель, Е. С. Исследование операций: Задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель; Гл. ред. физ.-мат. лит. – 2-е изд.,стер. – М.: Наука. 1988. – 208 с.

9. Скрыль, С. В. Своевременность как базовый показатель качества защиты информации / С. В. Скрыль, Д. А. Багаев // Вопросы защиты информации. – 2009. – № 2(85). – С. 61 - 63.

10. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей: учебник / Е. С. Вентцель – 11-е изд. – М.: КноРус, 2010. – 664 с.

11. Математическое представление показателя своевременности реагирования на угрозы безопасности компьютерной информации в условиях простейшей модели нарушителя / Т. В. Мещерякова [и др.] // Инженерная физика. –Москва, 2016. – № 4. – С. 29-35.

12. Зарубин, В. С. Использование структурных моделей для формализованного представления процессов защиты информационных процессов в комплексах физической защиты / В. С. Зарубин, Т. Б.Ходырев, С. В. Зарубин // Вестник Воронежского института ФСИН России. – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2015. – № 4. – С. 28-31.

13. Шведов, В. С. Теория вероятностей и математическая статистики: учебное пособие / В. С. Шведов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа, 1982. – 256 с.

14. Скрыль, С.В. Оценка своевременности реагирования на угрозы как важный элемент кибербезопасности: теоретические основы и

исследовательская модель / С. В. Скрыль [и др.] // Творчество в интеллектуальных технологиях и науке о данных : сб. тр. Международной научно-практической конф. “CIT&DS 2019. Коммуникации в области информатики и вычислительной техники Springer, Cham” (Волгоград, 2019 г.). – Волгоград, 2019. – Т. 1084. – С. 23-44.

Средства и методы защиты данных в базах данных от несанкционированного доступа

В. А. Степанцов, email: mrstep@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены средства и методы защиты данных в базах данных на примере MS SQL Server.*

Ключевые слова: *защита данных, базы данных, SQL Server.*

Введение

Проблема защиты информации является первостепенной при разработке информационной структуры организаций, отвечающей современным требованиям в плане надежности и безопасности. Важными составляющими при решении данной проблемы являются физическая защита данных и применяемых программных средств, а также строго санкционированный доступ к информации, хранящейся в базах данных (БД) или пересылаемой по каналам связи. Несанкционированный доступ является главной причиной похищения, модификации или уничтожения конфиденциальных данных.

В базах данных информационных систем учреждений, предприятий и организаций сосредоточено значительное количество конфиденциальной информации. Нарушение нормального функционирования базы данных в следствие несанкционированного доступа, похищения, модификации или уничтожения конфиденциальных данных может парализовать работу любой организации, что приведет к весомым организационным и материальным потерям.

В этой связи основными задачами защиты данных средствами систем управления базами данных (СУБД) являются:

- Обеспечение строго санкционированного доступа к данным.
- Обеспечение конфиденциальности и целостности данных.

1. Обеспечение строго санкционированного доступа к данным

Решение задачи обеспечения строго санкционированного доступа к данным реализуется с помощью защиты паролем и разделением прав доступа к записям и полям таблиц базы данных.

Парольная защита представляет собой наиболее распространенный и простой способом защиты БД от несанкционированного доступа.

© Степанцов В. А., 2020

Установка паролей осуществляется как администраторами, так и владельцами данных. Учет и хранение паролей реализуется средствами СУБД. Хранение паролей реализуется СУБД в шифрованном виде в специальных файлах. Пользователь получает доступ к требуемой информации только после ввода пароля. Недостатком такой защиты является то, что при неосмотрительном использовании пароля он может стать достоянием других лиц.

В целях контроля использования объектов данных БД в СУБД имеются средства, с помощью которых можно установить права доступа к ним. Возможные действия над объектами определяются правами доступа. Все права имеют владельцы того или иного объекта, а также администратор БД. Остальные пользователи включаются в те и иные рабочие группы. Права и уровни доступа к объектам назначаются как правило для рабочих групп и хранятся в файле рабочей группы. Файл рабочей группы содержит разрешение на доступ к конкретным объектам базы данных. Данный файл считывается во время запуска сервера БД и содержит данные о пользователях конкретной группы, в частности, их идентификационные номера, учетные записи, пароли, а также имена групп, в которые входят пользователи.

В стандарте SQL определены два оператора: GRANT и REVOKE с помощью которых осуществляется предоставление и отмена привилегий соответственно. Синтаксис и примеры их использования подробно описаны в [1].

В современных СУБД при шифровании и расшифровке данных в базах данных используются следующие методы [2]:

– *Пароли.* При использовании этого метода как правило применяется один пароль как шифрования, так и расшифровки данных, что снижает надежность этого способа. В случае если на этапах обработки информации используются не зашифрованные хранимые процедуры и функции, то это приводит к похищению пароля через метаданные.

– *Сертификаты.* Использование сертификатов доступа решает задачу обеспечения надежной защиты и высокого быстродействия. При этом имеется возможность связать сертификат с конкретным пользователем.

– *Симметричные ключи.* При шифровании и расшифровке данных применяется один и тот ключ, что существенно упрощает эти процессы, обеспечивает высокое быстродействие и отвечает требованиям надежности и безопасности данных.

– *Асимметричные ключи.* Шифрование и расшифровка данных реализуется с помощью разных ключей, что повышает надежность защиты, но снижает быстродействие.

В частности, в MS SQL Server реализованы встроенные функции, которые используются на уровне ячеек [3].

Для шифрования данных:

– ENCRYPTBYPASSPHRASE (пароль);
– ENCRYPTBYCERT (открытый ключ сертификата);
– ENCRYPTBYKEY (симметричный ключ);
– ENCRYPTBYASYMKEY (асимметричный ключ).

Для расшифровки данных:

– DECRYPTBYPASSPHRASE (пароль);
– DECRYPTBYCERT (открытый ключ сертификата);
– DECRYPTBYKEY (симметричный ключ);
– DECRYPTBYASYMKEY (асимметричный ключ);
– DECRYPTBYKEYAUTOASYMKEY(автоматическая расшифровка сертификата асимметричным ключом).

2. Обеспечение конфиденциальности и целостности данных

Реализация проблемы обеспечения конфиденциальности и целостности данных весьма актуально для следующих объектов:

– данные, хранящиеся в различных структурных элементах баз данных: БД в полном объеме, отдельных таблицах БД, записях конкретных таблиц БД, значениях конкретных полей таблиц или записей;

– логические структурные элементы баз данных, хранящиеся физически на сервере БД и пересылаемые по компьютерным сетям, такие как: непосредственно файлы данных, программные модули СУБД, подверженные модификации и внедрению вредоносного программного кода, изменяющего логику работы системы управления, каналы взаимодействия между компонентами распределенных СУБД и каналы взаимодействия между СУБД и пользователями.

Защита программных модулей и данных, хранящихся на машинных носителях и пересылаемых по сети, реализуется с помощью различных моделей доступа и криптографических методов. В частности, конфиденциальность обеспечивается шифрованием файлов и сетевого трафика, целостность данных и программных модулей обеспечивается методами контроля целостности, реализуемых на основе применения хэш-функций.

Системы управления базами данных содержат в себе стандартные компоненты защиты информации, которые уже предусмотрены в языке управления данными. Защита данных, содержащихся в различных

структурных элементах базы данных, реализуется с помощью специальных способов и методов защиты. Наиболее распространенными средствами, используемыми в этих целях, являются представления, встроенные в СУБД функции шифрования и расшифровки данных, способы маскирования динамических данных, хранимые процедуры и триггеры. Рассмотрим примеры применения указанных средств защиты.

Представления (views) есть не что иное как виртуальные таблицы, записи которых формируются на основе SQL-запроса в процессе обращения к ним того или иного пользователя. Таким образом, выводимые данные соответствуют представлению, предназначенному для конкретного пользователя. Важным является то, что, пользователь получает доступ не ко всей таблице или группе таблиц, а к набору определенных в представлении записей или столбцов в соответствии с определенными привилегиями. Реализация представлений дает возможность предоставлять пользователю только предназначенный ему набор данных и отслеживать его действия в плане их модификации, что служит обеспечением конфиденциальности и целостности данных.

С целью ограничения возможности доступа к конфиденциальным данным за счет скрытия этих данных для пользователей, не имеющих на это права, применяется *динамическое маскирование данных* – Dynamic Data Masking (DDM) [4].

На практике маскирование используется в тех случаях, когда от некоторых категорий пользователей скрыто содержимое определенных полей, но при этом пользователи должны знать, что эти поля имеются в таблице и что они содержат конкретную информацию.

Настройка функции динамического маскирования осуществляется с целью скрытия конфиденциальных данных в результирующих наборах запросов для заданных полей таблиц базы данных, но значения данных в полях самих таблиц изменению не подвергаются.

Рассмотрим применение функции динамического маскирования в случае, когда сотрудники банка должны иметь возможность идентифицировать конкретного клиента по нескольким цифрам номера пластиковой карты, полностью номер карты в этом случае предоставляться не должен.

Создадим правило маскирования, которое скрывает все цифры номера карты кроме последних четырех в результирующем наборе произвольного запроса. Это реализуется с помощью добавления парциальной маски в столбец, в результате будет открыто заданное количество цифр от начала и конца строки и показана маска вместо остальных символов:

ALTER TABLE Clients
ALTER COLUMN Cards ADD MASKED WITH
(FUNCTION = 'partial (0,"XXXXXXX",4)')

Функция маскирования задает метод обработки, которой подвергаются все значения в ячейках заданного столбца. В общем случае partial (N1,"XXXXXXX",N2) управляет отображением строковых значений. N1 – количество символов с начала, N2 – с конца строки, которые можно отображать, а между ними указывается произвольная маска, которая отобразится вместо остального текста. В случае, когда длина строки не превышает указанного количества открытых символов, вместо нее отобразится маска.

Еще одним методом маскирования является замена случайными значениями. Случайная маска будет показывать число random из указанного диапазона вместо фактического значения:

ALTER TABLE Product
ALTER COLUMN Price ADD MASKED WITH
(FUNCTION = 'random (100,200)')

Для привилегированных пользователей, которым требуется видеть скрытые данные, маскирование можно отключить с помощью специального запроса – Data Control Language (DCL). Форма DCL-запроса аналогична синтаксису команд по предоставлению прав доступа:

GRANT UNMASK TO [User],

где [User] – имя пользователя, которому дается привилегия просмотра немаскированных данных.

Хранимая процедура (stored procedure) представляет собой поименованный набор команд языка процедур, ассоциированного с СУБД, в частности SQL. Данный набор команд является самостоятельным объектом базы данных и хранится совместно с таблицами базы данных. Хранимые процедуры как правило, вызываются из прикладных программ, но вызов может быть произведен и из других сценариев и разделов. Хранимые процедуры выглядят как пользовательские функции, содержащие упорядоченный набор заранее оптимизированных и откомпилированных операторов SQL в виде единого модуля, вызываемых для выполнения тех или иных действий. Основное отличие пользовательских функций от хранимых процедур состоит в способе возврата полученных результатов.

Для обеспечения санкционированного доступа к данным при работе с таблицами базы данных пользователям, как правило, предоставляется доступ не напрямую к таблицам, а реализуется

возможность использования предназначенных непосредственно для них хранимых процедур, хранящихся в самой базе.

Например, в базе данных имеется таблица, в которой хранятся данные об изделиях (листинг 1):

Листинг 1

Создание таблицы Products

```
CREATE TABLE Products
( Id INT IDENTITY PRIMARY KEY,
ProductName NVARCHAR(30) NOT NULL,
Manufacturer NVARCHAR(20) NOT NULL,
ProductCount INT DEFAULT 0,
Price MONEY NOT NULL );
```

Чтобы получить данные об изделиях пользователю будет достаточно иметь права на выполнение процедуры *ProductSummary* (листинг 2):

Листинг 2

Процедура ProductSummary

```
USE productsdb;
GO
CREATE PROCEDURE ProductSummary
WITH ECRYPTION
AS
BEGIN
SET NOCOUNT ON;
    SELECT ProductName AS Product, Manufacturer, Price
    FROM Products
END;
```

Для выполнения данной хранимой процедуры вызывается команда *EXEC ProductSummary*.

В целях защиты данных от несанкционированного доступа и модификации, а также регистрации таких инцидентов, в базе данных требуется создание таблицы (журнала) учета действий (logging table), в которой осуществляется фиксация всей необходимой информации о несанкционированных действиях. Данный способ защиты реализуется встроенными средствами MS SQL Server или любой другой СУБД, в которой есть поддержка механизма триггеров.

Хранимая процедура специального типа, вызов которой пользователь непосредственно не осуществляет, является триггером. *Триггер* является специальной подпрограммой, которая выполняется автоматически в случае изменения данных в определенной таблице или элементе базы данных.

Сервер БД автоматически запускает триггер если осуществляются какие-либо действия с данными таблицы базы данных. В частности, выполнение триггера происходит при наступлении определенного действия (события): добавления INSERT или удаления DELETE строки в заданной таблице данных или модификации UPDATE данных в конкретном столбце этой таблицы [5].

Срабатывание триггера может происходить как до, так и после наступления заданного события, что определяется ключевыми словами AFTER и BEFORE соответственно. Одной из стандартных задач, решаемых с помощью триггеров, является проверка прав пользователя на изменение конкретных данных, проводимая до их фактической модификации. В случае неправомочности пользователя на эту операцию триггер ее блокирует.

Важной задачей, реализуемой с помощью триггеров, является протоколирование в отдельной таблице учета действий (logging table) всех событий, связанных с модификацией данных в защищаемой таблице, что дает возможность оперативно осуществить поиск пользователя (злоумышленника), выполнившего несанкционированную модификацию данных. Для предотвращения таких инцидентов требуется определить таблицы и действия с ними, информация о которых должна протоколироваться в таблице учета действий и создать триггеры, которые будут срабатывать при выполнении указанных модификаций с таблицами.

Примеры SQL-запросов создания триггеров, которые будут срабатывать и записывать указанные данные в таблицу *Logtable* при обновлении или удалении данных из таблицы *Clients* приведены ниже (листинг 3):

Листинг 3

SQL-запросы создания триггеров

```
CREATE TRIGGER [dbo].[UpdateClients]
ON [dbo].[Clients]
AFTER UPDATE
AS
BEGIN
SET NOCOUNT ON;
INSERT INTO [dbo].[Logtable]
([время],[таблица],[действие],[пользователь])
Values ('Clients', SYSTEM_USER, GetDate(), 'update')
END

CREATE TRIGGER [dbo].[DeleteClients]
ON [dbo].[Clients]
AFTER DELETE
```

```
AS
BEGIN
SET NOCOUNT ON;
INSERT INTO [dbo].[Logtable] ([время], [таблица],
[действие],[пользователь]) Values ('Clients', SYSTEM_USER,
GetDate(), 'delete')
END
```

Триггеры позволяют эффективно контролировать целостность данных, являются простым, удобным и гибким механизмом, используемым не только в целях защиты данных, но и во многих других задачах. Но выполнение триггеров во многих случаях замедляет работу базы данных, поэтому их применяют только тогда, когда другие средства не дают требуемого результата.

Заключение

Применением рассмотренных методов и средств не исчерпывается проблема защиты данных от несанкционированного доступа и их модификации в базах данных, но они могут при комплексном использовании достаточно эффективно обеспечить строго санкционированный доступ конфиденциальность и целостность данных, особенно, на этапе создания баз данных, в которых предполагается хранение конфиденциальной информации.

Список литературы

1. Бейли, Л. Изучаем SQL / Линн Бейли – СПб.: Питер, 2012. – 318 с.
2. Шифрование в базах данных SQL Server. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.interface.ru/home.asp?artId=36233/
3. Криптографические функции (Transact-SQL). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/t-sql/functions/cryptographic-functions-transact-sql/
4. SQL Server 2016 – Dynamic Data Masking. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sql-articles.com/articles/dba/sql-server-2016-dynamic-data-masking/
5. Триггеры. Определение триггеров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metanit.com/sql/sqlserver/12.1.php

Рэнкинговая оценка информационной безопасности цифровых сервисов

Д. В. Талаев, email: d-talaev@mail.ru
Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются актуальные проблемы, связанные с оценкой безопасности цифровых сервисов, связанные с различными средствами и способами их защиты.*

Ключевые слова: *информационная безопасность, цифровые сервисы, криптошифрование, хеширование, распределенные реестры, рэнкинговая оценка.*

Введение

Сегодня, век развития информационных технологий. Данная ситуация получила свою актуализацию в том числе и после выхода законопроекта об информатизации общества, подписанным В.В. Путиным в 2017 году.

Началось развитие информатизации во всех направлениях. Стало появляться большое количество различных информационных сервисов и средств в различных направлениях от социологических, медицинских и промышленных. Сразу встает о защите подобных средств.

В данной статье автором предлагается рэнкинговая оценка информационной безопасности цифровых сервисов для определения и выявления защищенности информационной безопасности различных продуктов (прикладных (1с, SAP и т.д.) и функциональных (таких как MS Word b Excel). Это позволит пользователю получать информацию о свойствах и характеристиках безопасности продукта для того, чтобы в будущем оценивать и внедрять рассматриваемых продукт.

На данный момент времени — это особенно актуально. Данная оценка позволит предприятиям сравнить показатели по информационной безопасности быстро и эффективно и возможно дорабатывать или добавлять, как предприятиям, так и разработчикам рассматриваемых сервисов [1].

В первую очередь пользователь данного сервиса сможет получить актуальную информацию как по отдельному, так и по совокупности рассматриваемых информационных продуктов. Данная разработка будет представляться в виде Web – сервиса, для того чтобы не потребовалась закупать и содержать собственные машины для предоставления

© Талаев Д. В., 2020

вычислительной мощности, а применять рассматриваемый автором сервис на базе предприятий или организации, которая будет проводить анализ цифровых сервисов. Данное решение позволит значительно снизить стоимость разработки, а сэкономленные денежные средства использовать для улучшения и развития данной системы [2].

Описание взаимодействия внутри рэнкинговой оценки информационной безопасности цифровых сервисов

Рассмотрим жизненный цикл работы предлагаемой системы. В первую очередь необходимо применение таких технологий как: нейронные сети, BIG DATA. Методы и способы, которые будут рассматриваться в данной разработке это Парето-оптимальные решения, дерево решений, дерево вариаций и лексикографический метод в взаимосвязи с ранжированием нестрогого порядка, а также Многокритериальной выборка Томаса Л. Саати.

Перейдем к рассмотрению выше указанных технологий и методов для объяснения их применения. Нейронные сети, как элемент искусственного интеллекта необходим для обучаемости системы и оптимизации поиска по критериям интересующих нас продуктов, что в свою очередь поспособствует увеличению скорости поиска и снижению доли погрешности (эталонное значение, указанное автором не более 5%).

Технология BIG DATA будет использоваться для быстрого сбора и анализа информации по информационной безопасности рассматриваемого продукта, а также этой информации в актуальной форме, что в свою очередь играет огромную роль для любого человека в информационного общества и организации.

Теперь рассмотрим методологии на которых будут базироваться рассмотренные выше технологии, использованные из направления о системах поддержки принятия решений.

Начнем с многокритериальной выборки (Метод анализа иерархий) Томаса Л. Саати [3]. Первое что увидит ЛПР (лицо принимающее решение) на Web-сервисе это настраиваемую выборку, а именно многокритериальный и многоуровневый запрос. В данном запросе пользователю необходимо будет указать в первую очередь интересующие его критерии, а затем выбранные критерии расположить в иерархичном порядке (допускается расположение критериев на одном уровне значимости). Невыбранные критерии пользователем, Web-сервис самостоятельное расположит в зависимости от их важности рассматриваемого информационного продукта.

Лексикографический метод и ранжирование нестрогого порядка необходимо нейронной сети и технологии BIG DATA для поиска

актуальной информации по рассматриваемым продуктам. Это заключается в поиске информации по ключевым словам. Создателем данной системы в нейронную сеть будут заложены данные о ключевых словах всех технологий по защите информации и информационных продуктах, интересующих ЛПР и всех в так токовых. А ранжирование будет распределять найденную информацию по их значимости при этом будут учитываться актуальной этой информации и ее насыщенность для построения дерева решений.

Парето – оптимальные решения необходимы для многокритериальной выборки, для того чтобы если по одному критерию информационный продукт не проходит по безопасности, система его не убирала для сравнения с другими.

Теперь перейдем к рассмотрению модели рэнкинговой оценки информационной безопасности цифровых сервисов (см. Рисунок.).

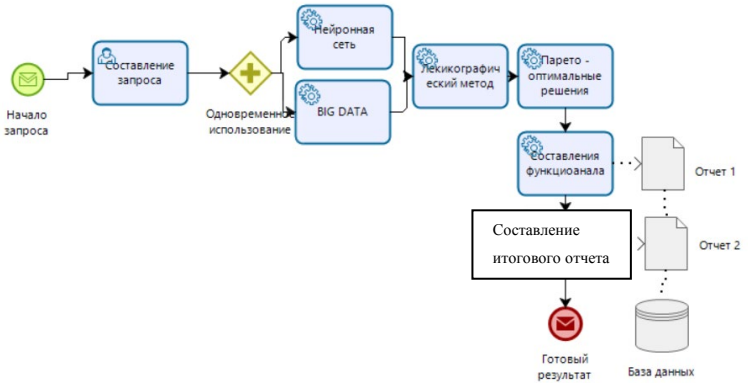


Рисунок. Модель рэнкинговой оценки

Перейдем к рассмотрению данной модели (см. Рисунок.). В данной модели автором предлагается многокритериальная и многоуровневая выборка интересующих критериев для лица принимающего решения по выборе цифрового сервиса по информационной безопасности.

Цикл начинается с составления запроса. Пользователь данной системы обязан составить запрос по интересующим его критериям, то есть указать значимость критериев путем декомпозиции функционала информационной безопасности. Количество уровней значимости неограниченно, но начинается с 1-ого уровня (самый важный), на одном уровне возможно расположение нескольких критериев. И так пользователю необходимо задать запрос системе опираясь на его

предпочтения. Система в свою очередь будет видеть запрос как декомпозиции в виде дерева вариаций.

Далее с помощью технологий BIG DATA и нейронной сети система ищет всю информацию об цифровом сервисе с применением лексикографического метода с расставлением приоритетов для критериев, находящихся на одном уровне.

Затем рассматриваются выбранные цифровые сервисы и их возможности и характеристики безопасности. Система применяет Парето – оптимальные решения для выборки и отсеивает те цифровые сервисы, которые при отсутствии какого-либо функционала или характеристики влияет на общее состояние продукта [4].

Далее составляется отчет по каждому цифровому сервису с его возможностями и перемещается в базу данных системы оценки для последующего использования. После этого составляется общий отчет по цифровым сервисам и с помощью ранжирования расставляются приоритеты использования согласно требованиям информационной безопасности, которые задал пользователь при составлении запроса.

Заключение

Данная разработка позволит быстро и эффективно оценивать возможности и потенциал рассматриваемого продукта по его информационной защищённости. Так как система будет хранить в облачном сервисе все полученные данные – это сократит затраты на повторное составление запроса [5]. Это приведет к тому, что лицо принимающее решение сможет быстро и без участия человеческого фактора получать анализ по информационной безопасности продукта для его последующего внедрения или оценивания уже использующегося.

Список литературы

1. Путькина, Л. В. Динамика концепции развития предпринимательских структур / Л. В. Путькина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2-3. – С. 79-80.

2. Путькина, Л. В. Особенности инновационных предпринимательских структур / Л. В. Путькина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2-3. – С. 80-82.

3. Минаков, В. Ф. Декомпозиция инновационных процессов в ВУЗе / В. Ф. Минаков, А. В. Малышенко // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2004. – № 36. – С. 12-15.

4. Минаков, В. Ф. Проблемы развития единого информационного пространства научно-инновационной деятельности / В. Ф. Минаков // В сборнике: Технологическая перспектива в рамках

Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста Материалы 3-ей Международной научной конференции. – 2017. – № 3. – С. 243-246.

5. Минаков, В. Ф. Моделирование конъюнктуры инфотелекоммуникационного рынка / В.Ф. Минаков, И.В. Азаров // Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2006. – № 2. – С. 35-39.

Защита движущейся цели для облачных центров обработки данных

А. П. Теленьга, email: telenga@mail.ru
В. В. Починок, email:vicpochinok55555@mail.com

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье рассмотрены подходы к применению перспективной технологии сетевой безопасности – защиты движущейся цели – в облачных центрах обработки данных. Затронуты вопросы безопасности центров обработки данных, а также подход к миграции виртуальных машин в облаке, реализующий технологию движущейся цели.*

Ключевые слова: *сетевая разведка, защита движущейся цели, облачные технологии, центр обработки данных.*

Введение

Облачные вычисления стали одной из самых популярных технологий для реализации распределенных систем и используются многими коммерческими и академическими организациями для организации вычислений и размещения сетевых приложений. Коммерческие облачные провайдеры, такие как Amazon Web Services, Windows Azure Platform, Google App Engine, Rackspace, предоставляют широкий спектр услуг, начиная от инфраструктуры и заканчивая программным обеспечением. Внедрение модели облачных вычислений в бизнес-процессы предоставляет следующие преимущества: быстрое обеспечение, увеличение масштабируемости и пропускной способности, снижение рисков и затрат. Однако внутренние и внешние угрозы безопасности создают препятствия для широкого внедрения парадигмы облачных вычислений.

Ряд исследователей изучили вопросы безопасности использования виртуальных машин (далее по тексту ВМ) и низкоуровневых операционных систем в облачных центрах обработки данных (далее – ЦОД). Однако исследований, направленных на противодействие атакам на сети облачных ЦОД, не проводилось.

Облачная сеть является посредником, обеспечивающим подключение и передачу облачных услуг между провайдером и пользователем облака [1]. Исследование облачной сети важно, так как

© Теленьга А.П., Починок В.В., 2020

пользователи облака не имеют контроля над сетью, через которую осуществляется транспортировка данных. Облачная сеть состоит из внутриоблачной сети и глобальной сети доставки данных. Внутриоблачная сеть представляет сетевую инфраструктуру внутри ЦОД провайдера облачных услуг, позволяющую связать виртуальные экземпляры приложения между собой и с услугами, предоставляемыми совместно используемым облаком. Глобальная сеть доставки обеспечивает доступ пользователей к облачным услугам из географически распределенных ЦОД. Существует несколько документально подтвержденных атак на коммерческих провайдеров облачных услуг. Например, были проведены эксперименты на платформах облачных вычислений Amazon с целью демонстрации уязвимостей, связанных с виртуальными машинами общего пользования, размещенными на одном физическом узле. Эти уязвимости позволяют злоумышленникам отображать внутреннее размещение виртуальных машин в облаке и запускать атаки по побочным каналам между виртуальными машинами для сбора и кражи информации с целевых виртуальных машин. В то же время, незащищенные облачные серверы оказались уязвимы для новых атак типа «отказ в обслуживании». Необходимо разработать эффективные стратегии обнаружения и предотвращения атак на облачные системы и сети для обеспечения безопасности и доступности аутсорсинговых данных, приложений и инфраструктуры для пользователей облака.

В гонке вооружений между атакующими и защитниками традиционная модель пассивной защиты ставит защитников в невыгодное положение «сидячей утки». Напротив, противники разрабатывают стратегии для сохранения своей эффективности и избегания обнаружения. Опираясь на опыт атакующих, была предложена технология «защита движущейся цели», Moving Target Defense (далее – MTD) как меняющая правила игры парадигма для защиты критически важных вычислительных и сетевых инфраструктур. MTD позволяют защитникам автоматически изменять поведение системы, политики или конфигурации таким образом, что потенциальные поверхности атаки перемещаются непредсказуемым образом. [3-6] Поскольку нынешние программные и аппаратные решения не способны эффективно обнаруживать и предотвращать атаки, рассмотрим подходы на основе MTD для защиты от таких атак в облачной системе. Стратегии, основанные на MTD, разнообразны, динамичны и постоянно меняются. Эти стратегии приводят к увеличению сложности и затрат для злоумышленников на проведение

атак, уменьшению уязвимости и возможностей для атак и повышению надежности системы.

Новые схемы MTD были разработаны на нескольких уровнях: программном (набор инструкций), уровне хоста (IP-адрес, память), облачном, сетевом и мобильном [7-11]. В то же время, проведено мало исследований, показывающих, что MTD может эффективно работать в реальных распределенных системах, таких как облачные ЦОД, где консолидация виртуальных машин привела к появлению нескольких облачных вычислительных сервисов.

Безопасность облачных центров обработки данных

ЦОД, использующие консолидацию виртуальных машин, занимают старые компьютерные залы как в коммерческих, так и в военных предприятиях, где каждый сервер выделен под одну операционную систему и одно приложение. Такие ЦОД, вооружившись соответствующими облачными утилитами, такими как настраиваемые службы/приложения/платформы для развертывания по требованию, могут предоставлять частные или публичные облачные услуги. Предпосылки для консолидации виртуальных машин включают в себя уменьшение занимаемого пространства, счетов за электроэнергию, а также высокую доступность и простоту управления. Миллионы виртуальных машин были развернуты или развертываются в ЦОД по всему миру, а виртуализация становится незаменимой и доминирующей технологией для ИТ-отделов. Упрощенная схема ЦОД показана на рис 1. Следует отметить, что ЦОД больше не может рассматриваться как ферма веб-серверов или кластер вебцентричных приложений. Сфера деятельности ЦОД может быть значительно больше, чем веб-серверы, почтовые серверы, веб-приложения и веб-сервисы. Фактически, они также используются для консолидации приложений и сервисов, например, систем планирования ресурсов предприятия (ERP), систем управления цепью поставок и логистикой, а также систем командования и управления. Кроме того, облачные ЦОД используют консолидацию виртуальных машин для получения возможности развертывания сервисов/приложений/платформ по требованию, что выходит за рамки того, что может сделать традиционный ЦОД.

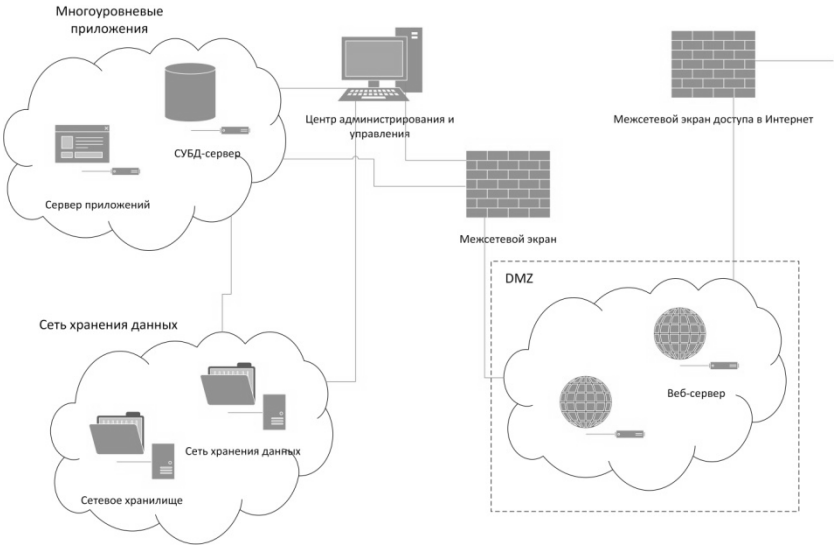


Рис. 1. Типовая схема центра обработки данных

Благодаря консолидации ресурсов и услуг, ЦОД становятся основой инфраструктуры для ИТ-операций в правительственных и военных структурах. Соответственно, двумя главными требованиями к современным ЦОД являются непрерывность процессов и защита информации. Хотя эти два требования ясно показывают важность защиты ЦОД, с точки зрения безопасности консолидация служб и ресурсов не приводит к автоматической консолидации соответствующих механизмов безопасности. Без консолидации безопасности стоимость защиты может быть намного выше, чем должна быть, и что более важно, слепое повторное использование отдельного оборудования и инструментов безопасности, связанных с консолидируемыми услугами или ресурсами, может даже создать новые дыры в безопасности.

Защита движущихся целей и миграции ВМ

Технология MTD, основанная на переносе ВМ в реальном времени, является экономически эффективным способом обнаружения вторжений, активного ответа и восстановления на серверах в облачных ЦОД. Миграция в реальном времени скомпрометированной реплики ВМ на чистую, но диверсифицированную копию может затруднить атаки на уязвимые ВМ. Четыре наиболее важные задачи современных ЦОД – непрерывность бизнеса, контроль расходов, эластичность/гибкость и обеспечение безопасности информации – очень трудно достичь

одновременно без виртуализации. До появления технологий виртуализации предприятиям, как правило, приходилось искать компромиссы между этими целями, и зачастую ни одна из них не могла быть полностью достигнута. С помощью виртуализации подход миграции ВМ на основе MTD можно использовать для объединения четырех областей исследования безопасности систем: избыточность, детальный анализ и обнаружение вторжений, автономное реагирование (в том числе самовосстановление) и непредсказуемость (посредством рандомизации и искусственного разнообразия). Преимущества такой консолидации безопасности можно представить следующим образом.

– Консолидация безопасности делает избыточность доступной практически. Без консолидации избыточность приводит к повышению отказоустойчивости, но раньше она требовала репликации физического сервера, что является слишком дорогой мерой. С помощью консолидации технологии виртуализации делают избыточность практически доступной (например, в Sun Solaris 10 пользователи могут запускать до 4000 контейнеров (или виртуальных машин) на одном сервере).

– Без консолидации детальный анализ и обнаружение вторжений, хотя и является очень мощной технологией, но не удовлетворяет требованиям к пропускной способности при круглосуточной обработке данных в ЦОД, когда он выполняется в соответствии с требованиями руководящих документов. При консолидации мы можем реплицировать сервер приложений как на низконагруженных ВМ (например, Xen, Solaris Container и виртуальные разделы HP), так и на медленных, но программируемых ВМ или эмуляторах центрального процессора (например, QEMU).

– Без консолидации автономное реагирование может выполняться только при значимых событиях (например, отключение сервиса, перезагрузка машины, перезапуск процесса, блокировка порта и карантин вирусного файла), что часто приводит к большим потерям работоспособности. Благодаря консолидации технологии виртуализации увеличивают степень детализации реакции на события для каждой ВМ; а детальный анализ и обнаружение вторжений могут дополнительно расширить перечень событий до структуры данных, потока данных, потока управления, последовательности байтов, области памяти, страницы или набора регистров.

– Без консолидации технологии непредсказуемости (через рандомизацию и разнесение) часто приводят к сбоям процессов, что может негативно сказаться на опыте использования многих руководителей ЦОД. С консолидацией эта проблема может исчезнуть,

если имеется достаточное количество избыточных, но диверсифицированных виртуальных серверов.

На рис. 2 показана основная идея миграции ВМ на базе MTD. Миграция ВМ на базе MTD (MTD-VM) будет копировать одну выполняющуюся ВМ (например, Xen) на совершенно другую ВМ (например, QEMU, Hyper-V или VMware), при этом не обязательно, чтобы эти две ВМ были одного типа. MTD-VM выполняет обнаружение вторжений путем сравнения гетерогенных образов ВМ, полученных из одной и той же истории выполнения. MTD-VM выполняет активное реагирование и восстановление путем проактивной установки резервных копий ВМ, при этом переход со взломанного экземпляра ВМ на чистую, но гетерогенную копию ВМ будет выполнен мгновенно; такой переход к восстановлению на самом деле является предпочтительным при горячем запуске.

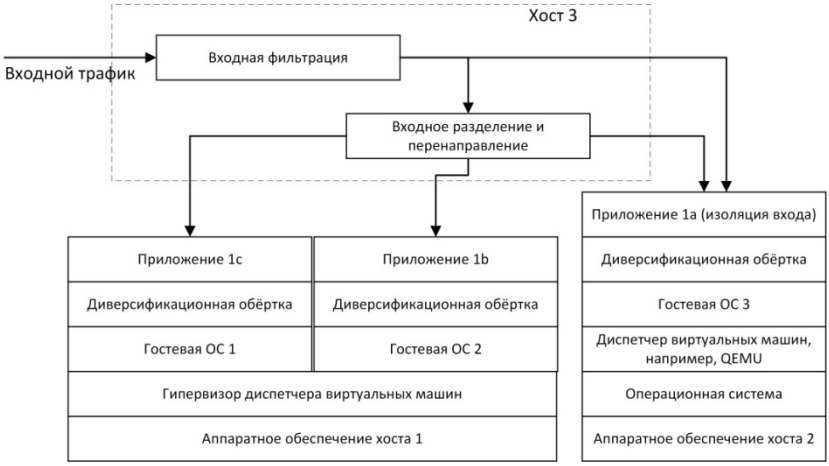


Рис. 2. Основная идея миграции ВМ на базе MTD

При этом решается несколько задач:

– резервирование и высокая доступность становятся осуществимыми практически;

– детальный анализ и обнаружение вторжений из чисто автономных операций по обеспечению безопасности преобразуется в интерактивный инструмент, непосредственно участвующий в активном реагировании;

– разрабатывается инновационная технология обнаружения вторжений, основанная на проверке межвидовых несоответствий;

– достигается точное обнаружения вторжения, реагирование и восстановление;

– разрабатывается новая технология искусственного разнообразия, которая является более простой, надежной и дешевой.

MTD-VM отвечает требованиям облачных вычислений, таким как масштабируемый мониторинг безопасности, многоуровневая изоляция на уровне абстракции, консолидация безопасности и эластичность.

Заключение

Технология MTD появилась как парадигма, меняющая возможности защиты распределенных вычислительных систем, позволяя защитникам автоматически изменять поведение системы/сети, политики или конфигурации таким образом, чтобы потенциальные поверхности атаки перемещались непредсказуемым образом. MTD также является экономически эффективным подходом к обнаружению вторжений, активному реагированию и восстановлению на серверах в облачных ЦОД. Атаки на облачные ЦОД сосредоточены на компрометации виртуальных машин. MTD-VM фокусируется на переносе виртуальных машин в облачных ЦОД при обнаружении атак. Для реализации MTD-VM также важно разработать подход к миграции виртуальных машин с учетом расходов, нагрузки на сеть и рисков безопасности. Также существует потребность в моделях сетевого разнообразия для оценки устойчивости облачных ЦОД к потенциальным атакам «нулевого дня». Эти модели могут использоваться в качестве метрики безопасности и будут вычисляться для различных сетевых конфигураций и политик, а также будут учитывать сходство и непохожесть сетевых ресурсов и учитывать минимальное воздействие атак с максимальным эффектом [12]. Наконец, оценка стоимости MTD-VM даст представление о компромиссах между безопасностью и производительностью.

Список литературы

1. Liu, F. NIST cloud computing reference architecture // Liu, F., Tong, J., Mao, J. NIST special publication – 2011 –Vol. 500 – 292 p.

2. Luna, N. Assessment of router vulnerabilities on planetlab infrastructure for secure cloud computing / S. Shetty, N. Luna, K. Xiong // IEEE International Conference on Communications – 2012 – P. 5548-5552.

3. Sokolovsky, S. P. Moving target defense for securing distributed information systems / S. P. Sokolovsky, I. S. Voronchikhin, A. P. Telenga // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. тр. участников XIX Междунар. научно-методической конф. "Информатика: проблемы,

методология, технологии" (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 639-643.

4. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / С. П. Соколовский [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

5. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

6. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20-21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 47-52.

7. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175.

8. Шерстобитов, Р. С. Алгоритм маскирования вычислительной сети с выделенным сервером / Д.В. Зайцев, Р.С. Шерстобитов, В.В. Починок // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета в космос : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. молодых ученых, посвященной 57-ой годовщине полета в космос. – Краснодар, 2018. – С. 259-264.

9. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

10. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л.С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

11. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

12. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016). – 2016. – С. 431-438.

Исследование алгоритмов выделения контуров к задаче металлографии

Е. В. Ткач, email: yekaterina.tkatch2016@yandex.ru
С. Н. Медведев
О. А. Медведева

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматривается одно из решений задачи выделения контура на изображении шлифа металла с видимой структурой зерен. Для достижения поставленной цели был проведен сравнительный анализ алгоритмов выделения контуров, а также изучены методы морфологического преобразования для повышения качества контура.*

Ключевые слова: *выделение контуров, свертка изображения, алгоритм Кэнни, дилатация, эрозия, морфологические преобразования.*

Введение

Сейчас доступно огромное количество алгоритмов выделения контуров, но ни один из них не является универсальным. Каждый из существующих алгоритмов решает свой класс задач (т.е. качественно выделяет границы определенного типа). Для определения подходящего алгоритма выделения контуров необходимо учитывать такие параметры, как ориентация и структура контура, а также наличие и тип шума на изображении.

Выделение границ объектов – сложная задача в случае сильно зашумленного изображения, так как оператор чувствителен к перепадам яркости, и, следовательно, шум также будет считать некоторым объектом на изображении. Есть алгоритмы, позволяющие в значительной мере избавиться от шума, но в свою очередь, они в значительной мере повреждают границы изображения, искажая их.

Отметим некоторые трудности, которые появляются в процессе выделения контура: разрывы контура на участках, где яркость изменяется недостаточно быстро; ложные контуры из-за наличия шума; достаточно широкие линии границы из-за шума, размытости или некорректной работы применяемого метода;

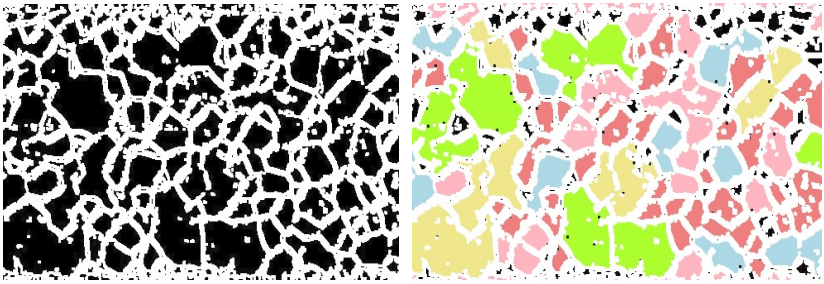
Для выделения контуров объектов применяются алгоритмы, основанные на различных принципах: дифференцирования, математической морфологии, вейвлет-преобразовании, иерархической

© Ткач Е. В., Медведев С. Н., Медведева О. А., 2020

кластеризации. Одними из лучших эксплуатационных характеристик обладают дифференциальные алгоритмы, основанные на том, что границей является местное изменение яркости на изображении.

1. Постановка задачи

Рассматривается задача обработки изображения шлифа металла с видимой структурой зёрен. Необходимо получить контуры всех зерен и закрасить близкие по площади зерна в один цвет. На рис. 1 а) и б) представлены примеры исходного и требуемого результирующего изображений.



а б

а – исходное изображения, б – результирующее изображение

Рис. 1. Примеры исходного и результирующего изображений

Основной проблемой в данной задаче является малый яркостной переход между контурами и основным цветом шлифа. У самих контуров также изменяется яркость на всей их протяженности. Кроме того, на изображении присутствует шум и помехи в виде горизонтальных линий, которые получены на этапе регистрации изображения. Всё это затрудняет применение стандартных методов выделения контуров, таких как оператор Робертса, Превитта, Собеля, Лапласиан, Кирша.

Для решения подобной задачи могут быть применены методы машинного обучения, однако в данной работе предлагается попытка ее решения, используя именно алгоритмы и методы компьютерной графики.

2. Методы решения

Предлагаемый подход основывается на использовании и комбинировании различных известных подходов к обработке изображений.

Изначально можно повысить контраст изображения, например, используя s-образное градационное преобразование или линеаризацию гистограммы. Но уже на этом этапе возможна потеря контуров из-за малого различия яркости контуров и фона в некоторых местах.

После к изображению применяется один из алгоритмов выделения контуров (рис. 2, рис. 3, рис. 4).

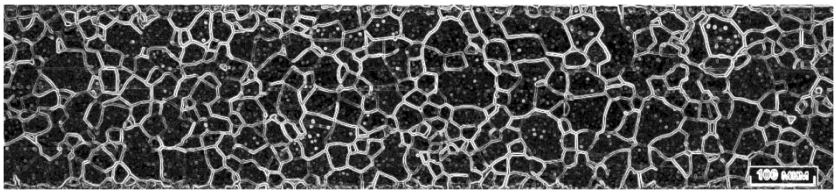


Рис. 2. Оператор Собеля

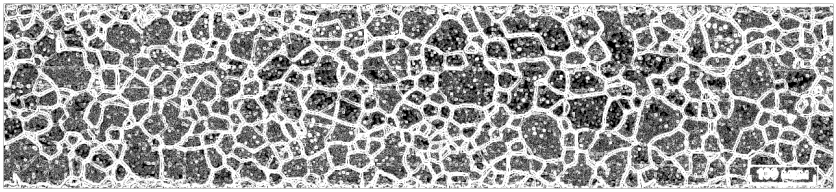


Рис. 3. Оператор Кирша

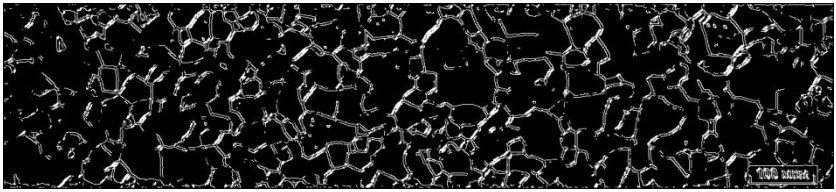


Рис. 4. Алгоритм Кэнни

К основным недостаткам работы данных методов можно отнести следующее:

1. Потеряны некоторые контуры (рис. 5);
2. Появились ложные контуры (рис. 6);
3. В контурах есть разрывы (рис.7).

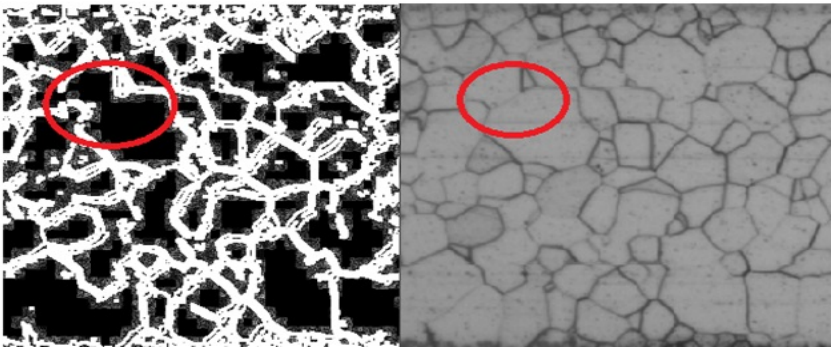


Рис. 5. Алгоритм Кэнни + Кирш

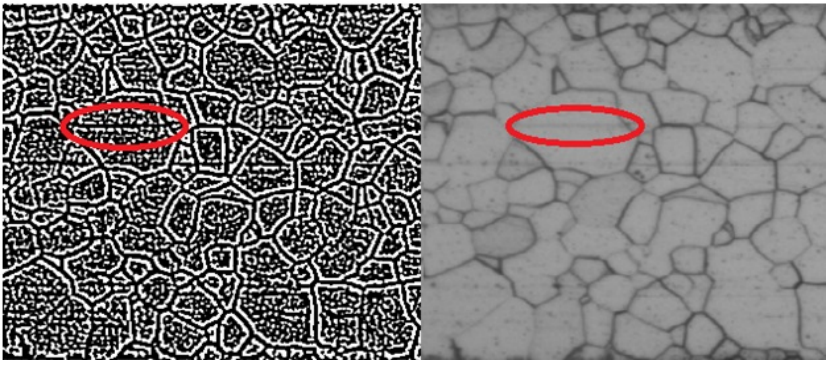


Рис. 6. Лог оператор

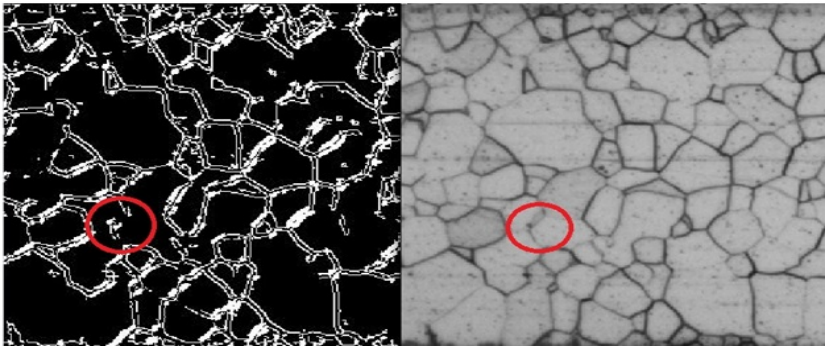


Рис. 7. Алгоритм Кэнни

Проблема ложных контуров возникает в основном при использовании следующих операторов: Лог, Кирш, Собел. Поэтому их лучше не использовать в данной задаче. Первая и вторая проблемы, в целом, имеют одну и ту же природу, и поэтому их можно объединить в ходе решения.

Основной идеей устранения разрывов в контурах предложенного подхода является использование методов морфологических преобразований: дилатации и эрозии. Дилатация (морфологическое расширение) – свертка изображения или выделенной области изображения с некоторым ядром. Такая операция вызывает рост светлых областей на изображении. Эрозия (морфологическое сужение) – обратная операция.

Заметим, что рассмотренные алгоритмы выделения контуров можно разбить на две группы. В первую входят алгоритмы получающие контур в виде белых линий, а вторую –в виде черных.

После применения алгоритмов из первой группы для «наращивания» контуров на изображении необходимо использовать дилатацию, а после алгоритмов второй группы – эрозию.

Заметим, что после использования алгоритмов первой группы, шум на изображении, как и контуры, станет белым. Поэтому чтобы его удалить необходимо, применить операцию эрозии. Обратная ситуация будет после применения алгоритмов второй группы.

На рис. 8 продемонстрирован результат применения дилатации к изображению, полученному после использования алгоритма Кэнни.

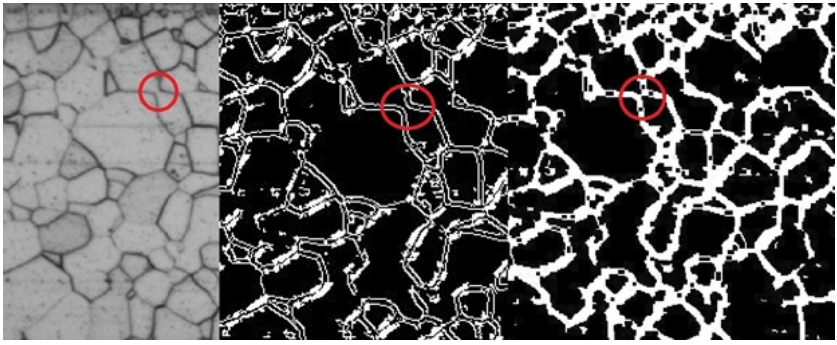


Рис. 8. Применение дилатации

Заметим, что часть разрывов действительно исчезла, однако часть всё равно осталась. Кроме того, сами контуры стали более толстыми, что может в дальнейшем повлиять на вычисление площади сегментов.

Заключение

На данном этапе работы удалось выявить перспективные с точки зрения поставленной задачи алгоритмы выделения контуров, а именно, алгоритм Кэнни.

Рассмотрены различные варианты комбинирования алгоритмов выделения контуров и методов математической морфологии.

Основной проблемой остаются большие разрывы контуров или же потери контуров, которые не могут быть компенсированы морфологическими преобразованиями. Для решения этой проблемы будут рассматриваться подходы обработки изображений (повышение резкости, удаление шумов, локальный поиск) перед каждым следующим этапом работы алгоритма.

Список литературы

1. Анисимов, Б. В. Распознавание и цифровая обработка изображений: Учебное пособие для студентов вузов. / Б. В. Анисимов, В. Д. Курганов, В. К. Злобин. – Москва : Высшая школа, 1983. – 295 с.
2. Бондина, Н. Н. Использование статистических характеристик для выделения границ в медицинских изображениях / Н. Н. Бондина, В. Э. Кривенцов // Вестник НТУ ХПИ. Серия : Информатика и моделирование. – Харьков : НТУ ХПИ. – 2013. – № 39 (1012). – С. 22-27.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер. с англ. П. А. Чочиа. – Москва : Техносфера, 2012. – 1072 с.
4. Фисенко, В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко // – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
5. Визильтер, Ю. В. Структурная фильтрация цифровых изображений с использованием проективных морфологий / Ю. В. Визильтер // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2008. – № 3. – С. 18-22.

Программная реализация алгоритма сегментации пересекающихся объектов на медицинских изображениях крови

А. А. Утянский
Д. С. Батищев, email: batishchev@bsu.edu.ru
В. М. Михелев

Белгородский государственный национальный исследовательский университет «БелГУ»

Аннотация. *Данная статья посвящена вопросу сегментации пересекающихся объектов на цифровых медицинских снимках – снимках крови в частности с помощью полигонального метода. По диаметрам сегментированных эритроцитов возможно построить кривую Прайс-Джонса и сделать предположение по наличии заболевания, либо сфокусировать внимание врача на подозрительном изображении. В статье описываются основные этапы алгоритма – поиск контуров, поиск вогнутых точек, группировка сегментов, подгонка эллипсов. В заключении содержатся выводы по работе и вектор дальнейшей разработки.*

Ключевые слова: *обработка изображений; компьютерное зрение; сегментация выпуклых объектов, медицинские изображения.*

Введение

Одной из областей применения алгоритмов компьютерного зрения является анализ цифровых медицинских снимков и снимков эритроцитов в частности. По данным, полученным после сегментации и вычисления радиусов эритроцитов, можно построить кривую Прайс-Джонса. По данной кривой можно судить о наличии некоторых заболеваний, использовать ее как фильтр изображений для дополнительного внимания, использовать в исследованиях новых ученых/специалистов.

На данный момент существует два основных подхода, направленных на решение задачи сегментации выпуклых перекрывающихся объектов на цифровом изображении. Первый подход основан на выделении корневых точек [2], специальных точек, которые являются геометрическими центрами перекрывающихся объектов. Второй подход основан на обнаружении вогнутых точек [3,4].

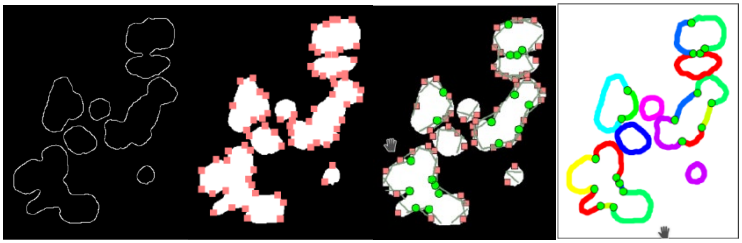
© Утянский А. А., Батищев Д. С., Михелев В. М., 2020

Этот метод извлекает видимые границы перекрывающихся объектов и находит вогнутые тоски, которые являются углами между перекрывающимися объектами.

Подход на основе разделяющих точек

Идея этого метода заключается в разделении контура группы перекрывающихся объектов на множество сегментов, разделенных специальными точками, так называемыми вогнутыми точками. Основные этапы методов показаны в следующем алгоритме. Визуализация метода показана на рисунке 1.

1. Бинаризация изображения, например, методом Оцу.
2. Разделение изображения на отдельные области интереса (ROI), которые содержат частицы или группы перекрывающихся частиц.
3. Извлечение контура всего ROI.
4. Расщепление контура по краям путем выделения вогнутых точек.
5. Группировка сегментов, которые являются частями одной частицы.
6. Оценка полного контура объекта с помощью, например, подбора эллипса.



а б в г

а — контур объектов; б — обнаружение угловых точек; в — обнаружение вогнутых точек; г — сегментация контура

Рис. 1. Визуализация метода, основанного на разделяющих точках

1. Сегментация контура

Сегментация контура обычно выполняется путем обнаружения вогнутых точек. Существуют следующие методы обнаружения вогнутых точек [4]. В данной работе используется встроенные функции библиотеке OpenCV, где поиск контуров реализует полигональный

метод. Идея метода в том, что контур элемента представляется в виде последовательности доминантных точек. Доминирующая точка – точка контура, которая не лежит на линии между соседями. Вогнутая точка является доминирующей точкой, если линия между соседними доминантными точками не проходит внутри объекта, а угол между этими точками находится в диапазоне предварительно определенных порогов

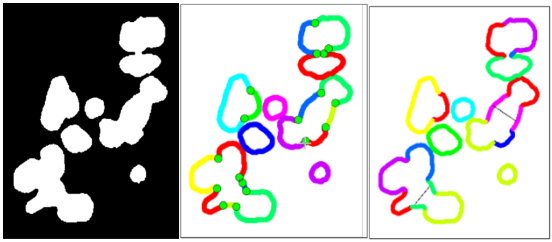
2. Группировка сегментов

Следующим шагом является группировка сегментов, которые принадлежат одному объекту, как показано на рисунке 3. Алгоритм группировки сегментов [5] выполняет итерации по каждой паре контурного сегмента, проверяя, могут ли они быть объединены в один эллипс. Однако число способов разбить набор из n сегментов на p группы очень велико согласно формуле числа Стирлинга:

$$P(n,p)=\frac{1}{p!}\sum_{n_1+n_2+\ldots+n_p=n}\frac{n!}{n_1!\ldots n_p!}, \qquad (1)$$

это означает, что алгоритм перебора отнимает много времени.

Чжан и др. [5] предложили критерий среднего отклонения расстояния (ADD) в качестве показателя для группировки сегментов. ADD основан на эвристике, согласно которой все частицы имеют эллиптическую форму. Метод объединяет две группы сегментов, если стоимость каждой группы выше, чем стоимость объединенных групп.



а б в

а — оригинальное изображение; б — сегментация контура; в — группировка сегментов

Рис. 2. Группировка сегментов

Для решения проблемы большого количества перестановок используются разные эвристики. Ланглард и др. [6] предложили метод, который делит кластер перекрывающихся эллиптических объектов на

несколько субкластеров. Для этого авторы ищут специальные разделенные линии по алгоритму, который был задан Фарханом [7].

Зафари предложены два метода группировки сегментов. Первый метод [2] ограничивает пространство поиска правилом, согласно которому расстояние между центрами сегментов меньше предварительно определенного порогового значения. Второй метод [2] основан на алгоритме оптимизации ветвей и границ. Авторы представили новую функцию стоимости, которая представляет собой комбинацию двух частей:

10общей части, которая представляет выпуклость частицы;

11определенной части, которая представляет свойства объектов с фиксированной эллиптической формой.

Специфическая часть состоит из двух свойств: симметрии и эллиптичности. Полная формула функции стоимости определяется как:

$$J = \alpha J_{concavity} + \beta J_{ellipcity} + \gamma J_{symmetry} \quad (2)$$

где α, β, γ - весовые коэффициенты.

3. Оценка контура

Последний шаг в сегментации перекрывающегося объекта — это оценка контура. Наиболее часто используемый метод оценки контура — это метод подбора эллипса. Этот метод может быть применен ко многим задачам в сегментации области перекрывающихся объектов [8, 9, 2, 6]. Этот метод использует предположение, что перекрывающиеся объекты имеют эллиптическую форму. Подход к эллипсу основан на минимизации суммы расстояний между точками и эллипсом.

Программная реализация

Общая блок-схема алгоритма представлена на рисунке 3.

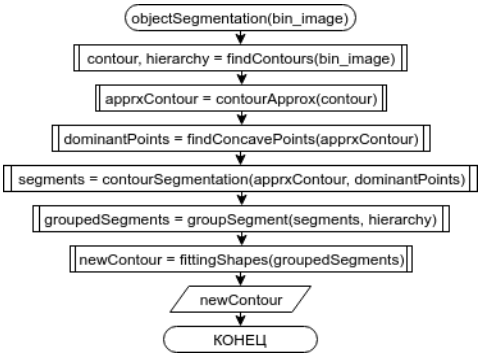


Рис. 3. Блок-схема алгоритма сегментации объектов

На вход алгоритма подаётся бинарное изображение, результатом работы алгоритма является набор контуров. Как видно из блок-схемы в алгоритме происходит последовательный вызов функций, на которые разделен алгоритм.

4. Извлечение контура

Для извлечения контура в библиотеке OpenCV реализована функция findContours [11], синтаксис этой функции представлен ниже.

contour, hierarchy = findContours(image, mode, method), где

image — подготовленная для анализа картинка. Изображение должно быть 8-битное. Поиск контуров использует для работы монохромное изображение, так что все пиксели картинки с ненулевым цветом будут интерпретироваться как 1, а все нулевые останутся нулями.

Где:

contour - список всех найденных контуров, представленных в виде векторов.

hierarchy - информация о топологии контуров. Каждый элемент иерархии представляет собой сборку из четырех индексов, которая соответствует контуру[i]:

- hierarchy[i][0] — индекс следующего контура на текущем слое;
- hierarchy[i][1] — индекс предыдущего контура на текущем слое:
- hierarchy[i][2] — индекс первого контура на вложенном слое;
- hierarchy[i][3] — индекс родительского контура.

5. Аппроксимация контуров

Аппроксимация контуров необходима для упрощения контуров, что позволит существенно быстрее производить сегментацию перекрывающихся объектов, а также уберет неровности контура. Для аппроксимации контура в OpenCV существует функция approxPolyDP [11].

Функция approxPolyDP способна аппроксимировать только один контур, но результатом функции findContours является набор таких контуров, поэтому необходимо выполнять функцию approxPolyDP в цикле. Также необходимо подобрать параметр epsilon. Данный параметр будет устанавливаться пользователем. Но так как на изображении содержатся контуры разной длины, то для каждой отдельно взятого контура нужен свой коэффициент, который будет зависеть от длины кривой. Формула для вычисления epsilon представлена ниже.

$$epsilon = coef * \sqrt{curveLength} \quad (3)$$

где *coef* — коэффициент вводимый пользователем, curveLength — длина кривой.

Чтобы вычислить длину кривой в OpenCV существует функция arcLength. Общая блок-схема этапа представлена ниже.

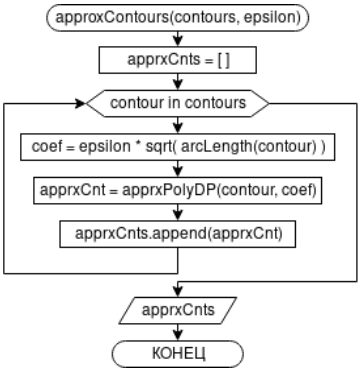


Рис. 4. Блок-схема функции аппроксимации контуров

6. Поиск вогнутых точек

Следующим шагом метода, основанного на разделяющих точках, является поиск вогнутых точек, которые являются разделяющими. Точка контура P_i будет считаться вогнутой, если точка d, являющееся серединой отрезка с концами в точках P_{i-1} и P_{i+1}, будет находиться вне объекта. Код функции поиска вогнутых точек приведен на листинге 1.

Листинг 2

Функция поиска вогнутых точек

```
def findConcavePoints(binImage, contours):
  concavePoints = []

  for contour in contours:
    cntConcavePoints = []
    tmpContour = np.concatenate((contour, contour[:2]), 0)
    for cInd in range(1, len(tmpContour) - 1):
      coord = np.round((tmpContour[cInd+1][0] +
tmpContour[cInd-1][0]) / 2).astype(int)
      if binImage[coord[1]][coord[0]] == 0:
        cntConcavePoints.append([tmpContour[cInd][0]])
    concavePoints.append(np.array(cntConcavePoints))

  return concavePoints
```

7. Сегментация контура

После нахождения вогнутых точек необходимо разделить контуры на отдельные сегменты по разделяющим точкам. Блок-схема функции для сегментации контуров представлена на рисунке 9.

Рисунок 9. Блок-схема функции сегментации контуров

Входными данными для алгоритма сегментации контура будут контуры и массив точек, по которым будет производиться разделение контуров на сегменты. Результатом работы алгоритма будет массив сегментов. Листинг представлен на листинге 2.

Листинг 3

Листинг функции сегментации контуров

```
def contourSegmentation(contours, points):
  segments = []
  for i, contour in enumerate(contours):
    objSegments = []
    if len(points[i]) != 0:
      if len(points[i]) > 1:
        for p in range(0, len(points[i])):
          if p < len(points[i]) - 1:
            startCoord = findPointInContour(contour,
points[i][p])
            endCoord = findPointInContour(contour,
points[i][p+1])
          else:
            startCoord = findPointInContour(contour,
points[i][p])
            endCoord = findPointInContour(contour,
points[i][0])

          if startCoord < endCoord:
            objSegments.append(contour[startCoord:endCoord +
1])
          else:
            segment = np.concatenate((contour[startCoord:],
contour[:endCoord + 1]), axis = 0)
            objSegments.append(segment)
      else:
        coord = findPointInContour(contour, points[i][0])
        segment = np.concatenate((contour[coord:],
contour[:coord + 1]), axis = 0)
        objSegments.append(segment)
    else:
      objSegments.append(contour)

    objSegments = np.array(objSegments)
    segments.append(objSegments)
  return segments
```

8. Группировка сегментов

Следующим шагом после сегментации контура является группировка сегментов. Для группировки необходимо перебрать все сегменты. Группировка сегментов происходит по следующим правил:

– соседние сегменты не могут быть сгруппированы;

– сегменты могут быть сгруппированы, если они не пересекают других сегментов;

– сегменты могут быть сгруппированы, если они образуют выпуклую фигуру.

Входными данными алгоритма группировки сегментов является массив сегментов. Выходными данными будет являться массив с сгруппированными сегментами

9. Подгонка эллипсов

Последним шагом является подгонка эллипсов к сгруппированным сегментам. Для подгонки эллипсов в библиотеке OpenCV существует функция fitEllipse [11], вид которой представлен ниже.

rotatedRect = fitEllipse(points),

где

– points — набор точек (не меньше пяти точек в наборе),

– rotatedRect — повернутый прямоугольник, которым описан эллипс.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 5.

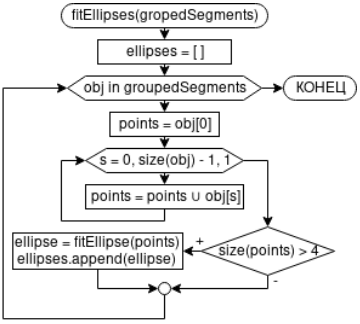
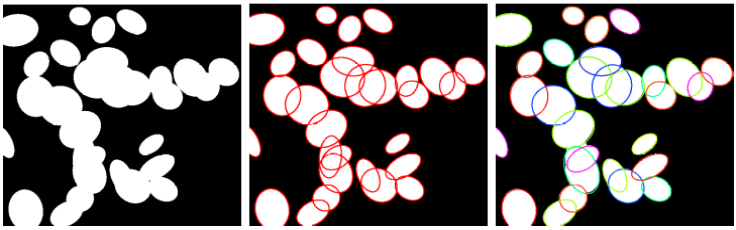


Рис. 5. Блок-схема алгоритма подгонки эллипсов

10. Тестирование алгоритма

Для тестирования данного алгоритма были подготовлены тестовые изображения со случайным количеством, положением и пересечением случайного количества эллипсов. Результаты работы алгоритма представлены на рисунке 6.



а б в

а — тестовые изображения, б — изображения с контурами, в — результат сегментации объектов

Рис. 6. . Результат тестирования алгоритма

Заключение

Тестирование реализованного алгоритма показала, что в подавляющем большинстве тестов алгоритм работал корректно, но в некоторых случаях возникают ошибки, такие как пропуск некоторых объектов или неправильная сегментация объектов, либо же ошибка сегментации на вогнутых объектах, на которых при захвате изображений цифровой камерой возникает область пересвета центре. В связи с этим данный алгоритм рекомендуется использовать для предварительной обработки. Дальнейшая работа над алгоритмом предполагает дополнение шагов для правильной сегментации и пересвеченных объектов в том числе.

Поддержка

Грант РФФИ номер 19-07-00133 А «Разработка интеллектуальных высокопроизводительных методов распознавания медицинских изображений и создание компьютерной системы поддержки принятия решений в виде облачного сервиса для прогнозирования и диагностики в персональной медицине».

Список литературы

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудс – 3-е издание, исп. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

2. Segmentation of Partially Overlapping Convex Objects Using Branchand Bound Algorithm / S. Zafari [et al.] // ACCV 2016 International Workshops: Revised Selected Papers, Part III. Taiwan, November 20-24, 2016, – Taipei, 2017. – P. 76-90.

3. Segmentation of Partially Overlapping Nanoparticles Using Concave Points / S. Zafari [et al.] // Advances in Visual Computing: Springer. – 2015. – P. 187-197.

4. Comparison of concave point detection methods for overlapping convex objects segmentation / S. Zafari [et al.] // Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA), June 12–14, 2017. – Tromsø, 2017. – P. 245-256.

5. Zhang, W.H. A method for recognizing overlapping elliptical bubbles in bubble image / W.H. Zhang, X. Jiang, Y.M. Liu // Pattern Recognition Letters. – Vol.33. – No.12. – 2012. – P. 1543-1548.

6. Langlard, M. An efficiency improved recognition algorithm for highly overlapping ellipses: Application to dense bubbly flows // Pattern Recognition Letters. – Vol.101. – 2018. – P. 88-95

7. Farhan, M. Novel Method for Splitting Clumps of Convex Objects Incorporating Image Intensity and Using Rectangular Window-Based Concavity Point-Pair Search / M. Farhan , O. Yli-Harja, A.A Niemistö // Pattern Recognition. – Vol.46. – No.3. – 2013. – P. 741-751.

8. Segmentation of Overlapping Elliptical Objects in Silhouette Images / S. Zafari [et al.] // IEEE Transactions on Image Processing. – Vol.24. – No.12. – 2015. – P. 5942-5952.

9. Modified Segmentation Approach for Overlapping Elliptical Objects with Various Sizes / G. Zhao [et al.] // 12th International Conference on Green, Pervasive, and Cloud Computing, GPC 2017, May 11-14, 2017. – Cetara, 2017. – P. 222-236.

10. Zhang, Q. Segmenting Multiple Familiar Objects Under Mutual Occlusion / Q. Zhang, R. Pless // IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), October 8-11, 2006 – Atlanta, 2006. – P. 197–200.

11. OpenCV: Structural Analysis and Shape Descriptors [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.opencv.org/3.4/d3/dc0/group__imgproc__shape.html

12. OpenCV: Drawing Functions [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.opencv.org/3.1.0/d6/d6e/group__imgproc__draw.html

Аппроксимация кластерной диаграммы Вороного

С. А. Хальзов, email: khalzov@vsu.ru
В. В. Фертиков, email: fvv@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Одним из относительно новых обобщений диаграмм Вороного является кластерная диаграмма (clustering induced Voronoi diagram, CIVD). При построении данной диаграммы каждой точке области разбиения ставится в соответствие подмножество сайтов, максимизирующее функцию влияния. В данной работе предлагается алгоритм для численного построения кластерных диаграмм.*

Ключевые слова: *аппроксимация диаграммы Вороного, кластерная диаграмма Вороного, диаграмма Вороного k-го порядка.*

Введение

Диаграммы Вороного являются фундаментальными структурами данных, которые хорошо изучены в вычислительной геометрии, и имеют приложения в самых различных областях. Для данного множества сайтов $S = \{s_i\}$, соответствующая диаграмма Вороного $Vor(S)$ разбивает d-мерное пространство R^d на ячейки $V = \{v_i\}$, состоящие из точек, расположенных ближе всего к одному и тому же сайту, либо к одному и тому же множеству из k сайтов. В последнем случае говорят о диаграмме Вороного k-го порядка. Чаще всего под сайтом подразумевается некоторый геометрический объект (точка, отрезок, окружность, и т.п.), до которого можно вычислить расстояние. В более общем случае, формализовав сайты и расстояния в виде функций, диаграмму Вороного можно рассматривать как диаграмму минимизации конечного набора функций $F = \{f_i\}$ [1].

На данный момент существует множество обобщений приведенного определения диаграммы Вороного, каждое из которых предназначено для решения своей собственной специфической задачи или группы задач [2-4]. Одним из таких обобщений является кластерная диаграмма Вороного (clustering induced Voronoi diagram, CIVD) [5]. В данной работе предлагается модифицировать алгоритм, описанный в [6], и использовать его для построения кластерных диаграмм.

© Хальзов С. А., Фертиков В. В., 2020

1. Предикат фильтрации

При определении кластерной диаграммы в [5] используется понятие функции совместного влияния $f\left(\mathbf{x}, S_j\right)$, предназначенной для измерения степени общего влияния подмножества сайтов $S_j \subseteq S$ на произвольную точку $\mathbf{x} \in R^d$ области разбиения. Значения этой функции, соответствующие различным подмножествам сайтов, являются исходными для построения разбиения, максимизирующего совместное влияние сайтов в каждой точке. Это означает, что в результирующей диаграмме каждой ячейке соответствует подмножество сайтов с наибольшим значением функции совместного влияния.

Для формализации задачи построения кластерной диаграммы в терминах, использованных в реализации алгоритма [6], необходимо вместо функции совместного влияния использовать предикат фильтрации:

$$P\left(\mathbf{x}, s_i, S\right), \tag{1}$$

где $\mathbf{x} \in R^d$ – точка области разбиения, s_i – сайт, S – множество сайтов. Отметим, что такая замена не приведет к потере общности.

В форме (1) предикат фильтрации для любой наперед заданной точки области разбиения может произвести отбор подмножества сайтов по условиям, определяемым на этапе настройки алгоритма. Результатом применения предиката в исследуемой точке является характеристический вектор, размер которого равен мощности множества сайтов. Характеристический вектор соответствует подмножеству сайтов $S_j \subseteq S$, которое максимизирует функцию совместного влияния $f\left(\mathbf{x}, S_j\right)$ в заданной точке $\mathbf{x} \in R^d$. Окончательно точки с одинаковыми значениями характеристических векторов объединяются в ячейки строящейся диаграммы.

2. Адаптация алгоритма

Реализация алгоритма построения кластерной диаграммы на базе процедуры, описанной в [6], потребовала модификации последней по следующим направлениям:

1. поиск k ближайших сайтов, используемый алгоритмом-прототипом, заменен в новой реализации вычислением характеристического вектора;

2. уточнение границ ячеек диаграммы осуществляется на основе сравнения характеристических векторов вместо множеств k ближайших сайтов;
3. из-за замены поиска k ближайших сайтов фильтрацией по предикату при построении кластерной диаграммы отключается механизм оптимизации поиска k ближайших сайтов, который в исходном алгоритме существенно снижал вычислительную сложность.

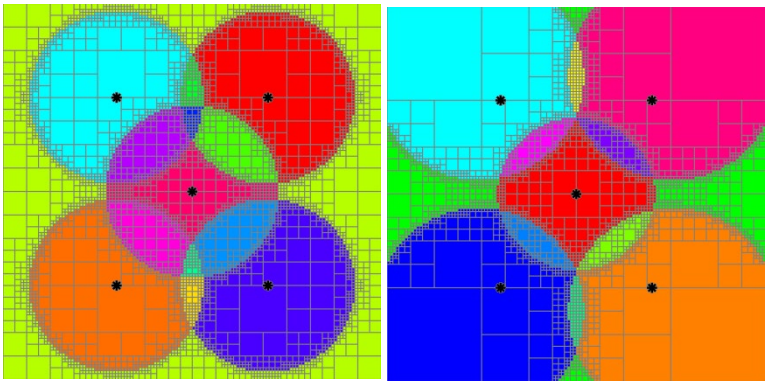
3. Простая кластерная диаграмма

Для демонстрации работы алгоритма приведем пример построения простой кластерной диаграммы. В качестве предиката фильтрации будет выступать пороговая фильтрация с постоянным значением порога:

$$P(\mathbf{x}, s_i) = dist(\mathbf{x}, s_i) \le t\,, \tag{2}$$

где $\mathbf{x} \in R^d$ – точка области разбиения, s_i – сайт, $dist(\mathbf{x}, s_i)$ – функция расстояния, t – порог. В формуле (2) отсутствует определенный в общем виде (1) третий параметр – множество сайтов S. Для формализуемой задачи это означает отсутствие взаимодействия сайтов друг с другом, то есть значение предиката зависит только от сайта, для которого он вычисляется. Множество всех точек, в которых выполняется предикат для заданного сайта, будем называть областью видимости сайта.

Как видно на рис. 1а диаграмма представляет собой простое наложение областей видимости различных сайтов. Во всех примерах, используемых здесь и далее в целях иллюстрации, рассматривается одно и то же множество сайтов. Сайты представляют собой точки, расстояние до которых измеряется в эвклидовой метрике. На рисунках сайты изображены в виде символа «*». Также на рисунках показана дискретная сетка с переменным шагом, демонстрирующая плотность расположения точек, в которых производились вычисления при построении диаграммы. На рис. 1а области видимости представляют собой круги одинакового радиуса в метрике, которая используется для вычисления расстояний. Подмножества $S_j \subseteq S$, соответствующие ячейкам диаграммы, состоят из сайтов, которые одновременно видны в данной области. Из-за того, что сайты никак между собой не взаимодействуют, их относительное расположение не влияет на форму областей видимости.



а б

а – статический порог, б – динамический порог

Рис. 1. Примеры кластерных диаграмм

Более интересная картина получается, если сайты оказывают друг на друга влияние. Вновь применим пороговую фильтрацию, только значение порога будет теперь зависеть от среднего расстояния до сайтов:

$$P(\mathbf{x}, s_i, S) = dist(\mathbf{x}, s_i) \le t + \frac{a}{|S|}\sum_{j=1}^{|S|} dist(\mathbf{x}, s_j), \qquad (3)$$

где $\mathbf{x} \in R^d$ – точка области разбиения, s_i – сайт, S – множество сайтов, $dist(\mathbf{x}, s_i)$ – функция расстояния, t – постоянная составляющая порога, a – некоторый числовой коэффициент. На рис. 1б изображена диаграмма при $t = 0.075$ и $a = 0.4$. Из-за того, что для вычисления порога используется среднее расстояние до всех сайтов, формы областей видимости зависят от взаимного расположения сайтов.

4. Кластерная диаграмма с ограничениями

Относительно легко добавить ограничения на размер кластера, ограничив его минимальный и/или максимальный размер. В исходной формулировке кластерной диаграммы функция взаимного влияния должна в этом случае зависеть от мощностей подмножеств сайтов $S_j \subseteq S$, например:

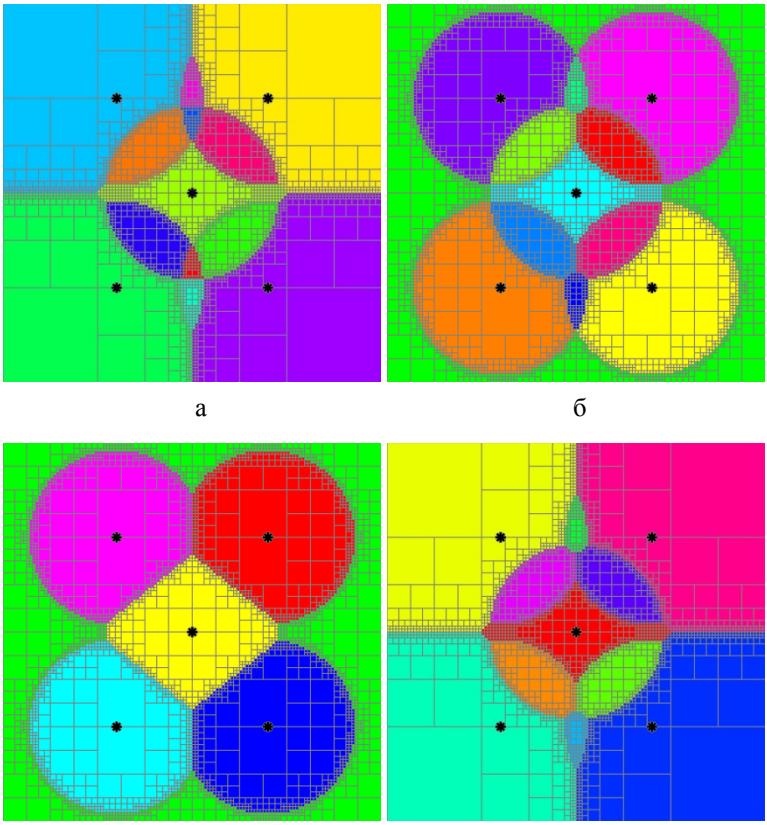
$$f'\left(\mathbf{x}, S_j\right) = \begin{cases} -\infty, \text{ при } \left|S_j\right| < k_{min} \\ -\infty, \text{ при } \left|S_j\right| > k_{max} \\ f\left(\mathbf{x}, S_j\right), \text{ при } k_{min} \le \left|S_j\right| \le k_{max} \end{cases}, \quad (4)$$

где $f'\left(\mathbf{x}, S_j\right)$ – функция взаимного влияния с ограничениями, $\mathbf{x} \in R^d$ – точка области разбиения, $S_j \subseteq S$ – подмножество сайтов, k_{min} – минимальный размер кластера, k_{max} – максимальны размер кластера, $f\left(\mathbf{x}, S_j\right)$ – функция совместного влияния без ограничений.

Применим ограничения на размер кластера к примеру с простой пороговой фильтрацией, показанному ранее на рис. 1а. Для этого в случае, если размер кластера меньше минимального, в него принудительно добавляются сайты, расстояние до которых ближе всего к пороговому значению. Если же размер кластера больше максимального, то из него исключаются наиболее удаленные сайты.

На рис. 2 (а-г) продемонстрировано то, как упомянутые выше ограничения влияют на вид диаграммы, показанной ранее на рис. 1а. На рис. 2а показана диаграмма с ограничением минимального размера кластера $k_{min} = 1$, на рис. 2б и 2в ограничен максимальный размер кластера $k_{max} = 2$ и $k_{max} = 1$ соответственно, на рис. 2г применены оба ограничения $k_{min} = 1$ и $k_{max} = 2$.

Если ограничения на минимальный и максимальный размер кластера равны одному и тому же значению $k_{min} = k_{max} = k$, то кластерная диаграмма вырождается в диаграмму Вороного k-го порядка. На рис. 3а и 3б показаны вырожденные случаи для $k = 1$ и $k = 2$ соответственно.



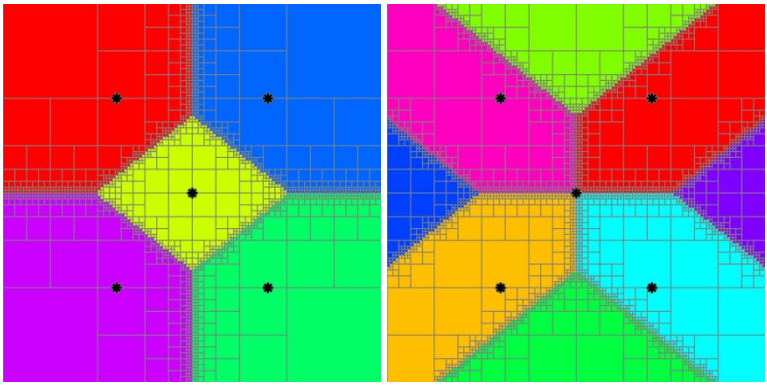
а б

в г

а – $k_{min} = 1$, *б* – $k_{max} = 2$, *в* – $k_{max} = 1$, *г* – $k_{min} = 1$ *и* $k_{max} = 2$

Рис. 2. Кластерные диаграммы с ограничениями

Если ограничения на минимальный и максимальный размер кластера равны одному и тому же значению $k_{min} = k_{max} = k$, то кластерная диаграмма вырождается в диаграмму Вороного k-го порядка. На рис. 3а и 3б показаны вырожденные случаи для $k = 1$ и $k = 2$ соответственно.



а б

$a-\ k=1$, $б-\ k=2$

Рис. 3. Вырожденные случаи

Заключение

В работе показано, что алгоритм из [6] после определенной модификации можно применять для построения кластерной диаграммы Вороного. При этом вынужденная замена процедуры поиска ближайших сайтов фильтрацией по предикату приводит к непригодности ранее применяемых механизмов оптимизации поиска ближайшего сайта, вследствие чего вычислительная сложность модифицированного алгоритма по сравнению с оригиналом возрастает. Дальнейшая работа над алгоритмом будет заключаться в адаптации идеи, лежащей в основе оптимизации поиска ближайших сайтов, для ускорения этапа фильтрации сайтов.

Список литературы

1. Effective Computational Geometry for Curves and Surfaces / J. D. Boissonnat [et al.] ; Editors J. D. Boissonnat, M. Teillaud. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 343 p. – DOI: 10.1007/978-3-540-33259-6.

2. Aurenhammer, F. Power Diagrams: Properties, Algorithms and Applications / F. Aurenhammer // SIAM journal on computing. – 1987. – Vol. 16(1). – P. 78-96. – DOI: 10.1137/0216006.

3. Aurenhammer, F. Voronoi Diagrams – A Survey of a Fundamental Geometric Data Structure / F. Aurenhammer // ACM Computing Surveys. – 1991. – Vol. 23(3). – P. 345-405. – DOI: 10.1145/116873.116880.

4. Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams / A. Okabe [et al.] ; with a foreword by D. G. Kendall. – 2nd ed. p. cm. – New York : John Wiley & Sons Ltd., 2008. – 671 p.

5. On Clustering Induced Voronoi Diagrams / D. Z. Chen [et al.] // SIAM Journal on Computing. – 2017. – Vol. 46(6). – P. 1679-1711. – DOI: 10.1137/15M1044874.

6. Хальзов, С. А. Аппроксимация диаграммы Вороного k-го порядка / С. А. Хальзов, В. В. Фертиков // Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2019. – № 2. – С. 23-37.

Секция 4

Информационные системы и базы данных

Анализ надежности многокомпонентных технологических сетей на основе нижней границы Эзари–Прошана

К. А. Батенков, email: pustur@yandex

Академия Федеральной охраны Российской Федерации

Аннотация. *В работе представлен подход к анализу надежности сложных структур на основе нижней границы Эзари–Прошана. На примере показан метод расчета надежности на основе показателя вероятности связности для двухполюсных и многополюсных структур.*

Ключевые слова: *сети связи, надежность, метод полного перебора типовых состояний, граница Эзари–Прошана.*

Введение

Сложные многокомпонентные технологические сети являются характерной чертой современного общества [1]. Урбанизация и глобализация, сопровождающиеся быстрым развитием инфраструктуры и технологий, создали возможности построения производительных сетей со все более взаимозависимыми компонентами. Данные сети предназначены для распределения какого-либо ресурса или товара, а их наиболее яркими представителями являются сети связи, например, телефонные сети или Интернет [2]. Кроме того, к ним относятся транспортные сети (сети автомобильных, железных дорог и авиасообщений), инженерные сети (сети электро-, газо- и водоснабжения) и т. д.

1. Порядок расчета нижней границы

При расчете нижней границы Эзари–Прошана используется полный набор несвязных состояний сети связи (сечений) [2, 3].

Напомним, что $G_i^{'}$, $i = 1,2,\ldots,n$ – множество всех сечений (двухполюсной сети) исходного графа G, а событие, состоящее в том, что все элементы сечения $G_i^{'}$ неисправны, также обозначено как $G_i^{'}$. Кроме того, пересечение обратных событий $\overline{G_i^{'}}$ однозначно свидетельствует о связности исходного графа G:

$$p_G = P\left(\bigcap_{i=1}^{n}\overline{G_i^{'}}\right).$$

© Батенков К. А., 2020

Следовательно, на основе неравенства для вероятности одновременной реализации связанных случайных событий справедливо [4]

$$p_G \geq \prod_{i=1}^{n} P\left(\overline{G_i^{'}}\right),$$

Таким образом, нижняя оценка Эзари–Прошана для вероятности связности сети имеет вид

$$p_G \geq p_e^{-} = \prod_{i=1}^{n} p_i,$$

где $p_i = P\left(\overline{G_i^{'}}\right)$ – вероятность связности хотя бы одного элемента сечения $G_i^{'}$, $i = 1,2,\ldots,n$.

Если сечение $G_i^{'}$ состоит из n_i элементов с вероятностью неисправной работы $q_{i,j}$, $j = 1,2,\ldots,n_i$, вероятность связности хотя бы одного элемента этого сечения определяется выражением

$$p_i = 1 - \prod_{j=1}^{n_i} q_{i,j}.$$

2. Пример расчета

Граф исследуемой сети связи приведен на рисунке 1. Все узлы сети являются абсолютно надежными, а вероятность исправности любой линии связи равна 0,9. Определить нижнюю границу Эзари–Прошана для сети связи в целом и в направлении 1–5.

Дано: G, $p = 0,9$.

Найти: p_e^{-}, $p_e^{-'}$.

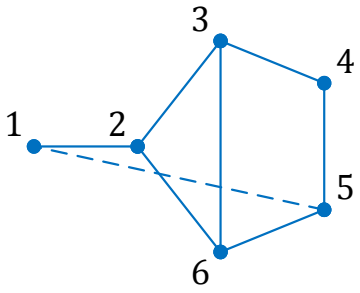


Рис. 1. Граф исследуемой сети связи

Используем наборы несвязных состояний (сечений). Минимальные сечения в направлении связи 1–5 (рис. 2):

$$G_1^{'} = \{12\}, G_2^{'} = \{23,26\}, G_3^{'} = \{34,56\}, G_4^{'} = \{45,56\},$$

$$G_5^{'} = \{23,36,56\}, G_6^{'} = \{26,34,36\}, G_7^{'} = \{26,36,45\}.$$

а для графа в целом (рис. 3)

$$G_1 = \{12\}, G_2 = \{23,26\}, G_3 = \{34,45\}, G_4 = \{34,56\}, G_5 = \{45,56\},$$

$$G_6 = \{23,34,36\}, G_7 = \{23,36,45\}, G_8 = \{23,36,56\}, G_9 = \{26,34,36\},$$

$$G_{10} = \{26, 36, 45\}, \ G_{11} = \{26, 36, 56\}.$$

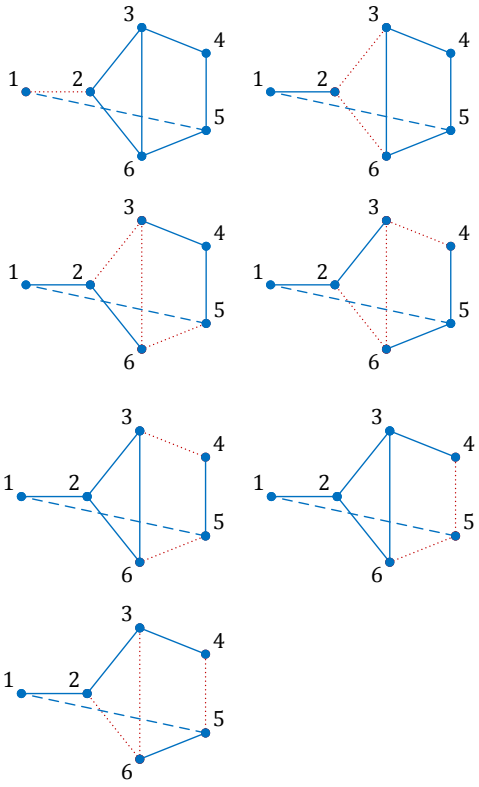


Рис. 2. Сечения в направлении 1–5 графа, представленного на рисунке 1

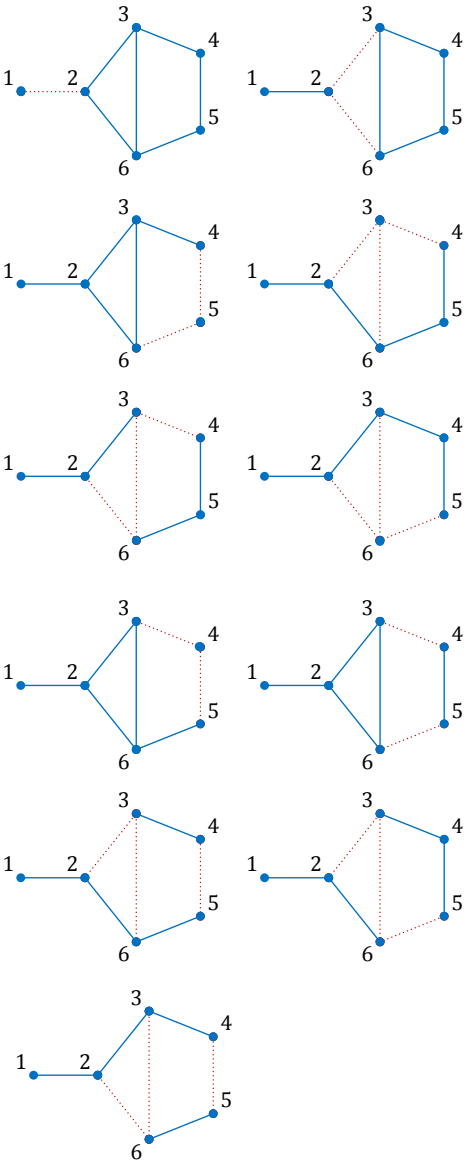


Рис. 3. Сечения графа, представленного на рисунке 1

Тогда нижние границы Эзари–Прошана

$$p_e^{-'} = \prod_{i=1}^{n} q_i = (1-q_{12})(1-q_{23}q_{26})(1-q_{34}q_{56})(1-q_{45}q_{56})\times$$

$$\times(1-q_{23}q_{36}q_{56})(1-q_{26}q_{34}q_{36})(1-q_{26}q_{36}q_{45}) =$$

$$= (1-q)\left(1-q^2\right)^3\left(1-q^3\right)^3 = (1-0,1)\left(1-0,1^2\right)^3\left(1-0,1^3\right)^3 = 0,871;$$

$$p_e^{+} = 1-\prod_{i=1}^{n} q_i = (1-q)\left(1-q^2\right)^4\left(1-q^3\right)^6 =$$

$$= (1-0,1)\left(1-0,1^2\right)^4\left(1-0,1^3\right)^6 = 0,859.$$

Заключение

Следует отметить, что с вычислительной точки зрения границы Эзари–Прошана обладают огромным недостатком: они требуют перечисления всех связных подграфов для вычисления верхней границы и всех минимальных разрезов для нижней, что само по себе нетривиально [5, 6, 7].

Список литературы

1. Zuev K. M., Wu S. & Beck J. L. Network reliability problem and its efficient solution by Subset Simulation // Probabilistic Engineering Mechanics 40. P. 25–35.
2. Батенков, К. А. Общие подходы к анализу и синтезу структур сетей связи // Современные проблемы телекоммуникаций: Материалы Российской научно-технической конференции. 2017. С. 19–23.
3. Половко, А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности // Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
4. Батенков К. А. Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. 2017. № 4 (53). С. 5–28.
5. Ушаков, И. А. Курс теории надежности систем: учеб. пособие для вузов / И. А. Ушаков. – Москва : Дрофа, 2008. – 239 с.
6. Батенков, К. А. Об анализе живучести сетей связи на основе вероятностного подхода // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2016. С. 6–8.
7. Батенков, К. А. Особенности оценки качества функционирования сетей связи // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее : сборник научных трудов V Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых. В 3 томах. Том 1 / Томский политехнический университет. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. С. 30–31.

Разработка интерактивного сервиса поддержки обучения языку SQL

Е. Г. Воронкова, email: katya.pustovalova.98@mail.ru
П. В. Попова, email: polya1313@yandex.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается процесс проектирования интерактивного сервиса поддержки обучения языку SQL. Проведен анализ существующих приложений. На основе полученных данных выделена необходимая функциональность приложения, а также разработаны основные требования, по которым была построена модель данных и спроектирован интерфейс нового интерактивного сервиса поддержки обучения языку SQL, генерирующего задания по загружаемой пользователем схеме базы данных.*

Ключевые слова: *интерактивный сервис поддержки обучения, база данных, модель данных, SQL.*

Введение

Знание языка SQL требуется специалистам таких профессий, как программист, тестировщик, аналитик и других. Поэтому возникает необходимость создания эффективного подхода в обучении языку SQL будущих специалистов.

В настоящий момент времени существует достаточное количество ресурсов для тех, кто хочет приобрести или повысить свои навыки в написании операторов языка SQL. К таким сервисам относятся сайты, содержащие большее количество теоретических знаний, а также интерактивные приложения, где пользователь имеет возможность сам писать SQL-операторы, которые должны вернуть или изменить данные, требуемые заданием. Недостатком большинства таких сервисов является малая вариативность или полное ее отсутствие. Одинаковые задания, выданные на группу студентов, не дают возможности объективно оценить знания и практические навыки каждого обучающегося в отдельности. Следовательно, такие сервисы не могут быть использованы для проверки знаний студентов.

Актуальность работы определяется необходимостью разработки программного обеспечения, позволяющего формировать

© Воронкова Е. Г., Попова, П. В., Матвеева М. В., 2020

индивидуальные задания на построение SQL команд и осуществлять проверку решений.

1. Анализ существующих приложений

Наиболее известные на данный момент сервисы, позволяющие строить SQL-команды: sql-ex, pgexercises, SQLBolt, sqlzoo, hackerrank.

Результаты сравнения перечисленных сервисов представлены в таблице.

Таблица

Сравнительный анализ существующих приложений

Критерии сравнения	**sql_ex**	**pgexercises**	**SQLBolt**	**sqlzoo**	**hackerrank**
Поддержка русского языка	+	–	–	–	–
Личный кабинет	–	–	–	+	+
Вход от имени преподавателя	–	–	–	–	–
Многопользовательская авторизация	+	–	–	+	+
Современный дизайн	–	+	+	–	+
Подсветка синтаксиса	–	+	+	–	+
Проверка форматирования	–	–	–	–	–
Возможность загрузки базы данных	–	–	–	–	–
Возможность загрузки шаблонов заданий и типовых решений	–	–	–	–	–
Случайная генерация заданий по загруженной базе данных	–	–	–	–	–
Возможность преподавателя назначить индивидуальные задания	–	–	–	–	–

Проанализировав пять различных сервисов, можно отметить, что все они имеют небольшой набор функциональных возможностей, а также не совсем удобный пользовательский интерфейс. Помимо этого, все, кроме одного сервиса, поддерживают только английский язык, что

существенно осложняет изучение языка манипулирования данными для русскоязычных новичков.

Из представленных данных следует необходимость создания приложения, которое будет учитывать недостатки существующих сервисов и поддерживать их преимущества.

2. Общая структура и функциональность приложения

Функциональные возможности приложения:

1. регистрация и авторизация преподавателей и студентов;
2. личный кабинет пользователя;
3. предоставление студенту возможности выбрать из списка доступных на сервисе задач;
4. загрузка преподавателем новой базы данных;
5. возможность добавления, изменения и удаления тем;
6. возможность создания, изменения и удаления шаблонов заданий;
7. возможность добавления, изменения и удаления типовых решений заданий;
8. возможность создания индивидуальных заданий как для одного студента, так и для группы;
9. предоставление преподавателю возможности поиска своих студентов по уникальному никнейму.

Функциональность приложения представлена на рис. 2.

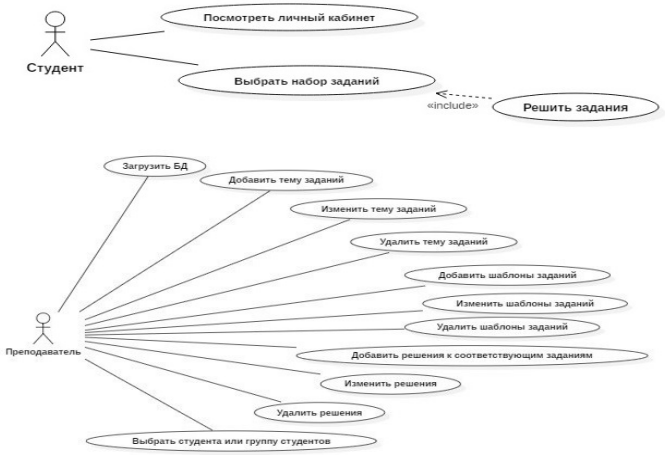


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования сервиса поддержки обучения языку SQL

Структура интерактивного сервиса, изображенная на рис. 1.

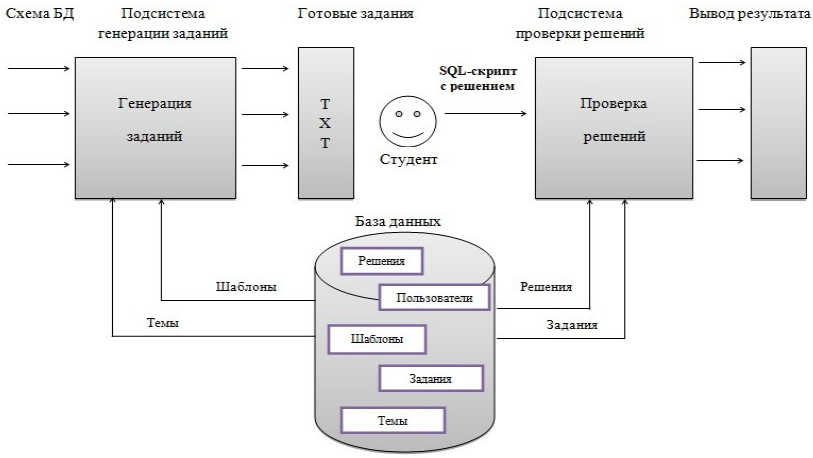


Рис. 2. Общая структура интерактивного сервиса

На вход в систему поступает схема базы данных в виде SQL-скрипта, который загружает преподаватель. Приложение с помощью хранимых тем и шаблонов, которые также загружает преподаватель, генерирует набор индивидуальных заданий по схеме. Сгенерированные задания поступают студенту в текстовом формате.

Студент в виде SQL-скрипта отправляет решённые задания с сайта на сервер, где они проверяются в системе на структурирование и соответствие типовым решениям, которые хранятся в базе данных.
В результате работы приложения отображаются и суммируются правильно решённые задания студента, которые потом также хранятся на сервере.

3. Интерфейс приложения

Рассмотрим основную функциональность приложения на примере спроектированного интерфейса, демонстрирующего создание новой практической работы для студентов.

На рис. 3 изображен первый шаг создания работы, где преподавателю нужно загрузить скрипт и схему базы данных, на которых будет производиться генерация заданий.

Рис. 3. Страница загрузки SQL-скрипта и схемы базы данных

На рис. 4 изображен второй шаг создания работы, где пользователю необходимо ввести эквивалентные названия таблиц и атрибутов, имеющихся в загруженной базе данных, для последующей корректной генерации текстов заданий на русском языке.

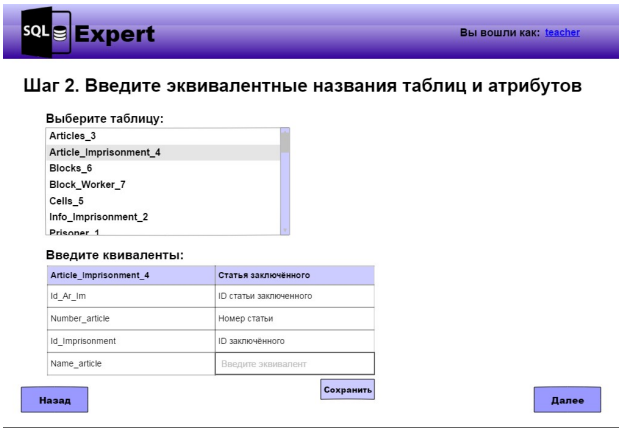


Рис. 4. Ввод эквивалентных названий таблиц и атрибутов загруженной базы данных

На следующем этапе (рис. 5) преподаватель может выбрать темы, по которым будут составлены практические задания.

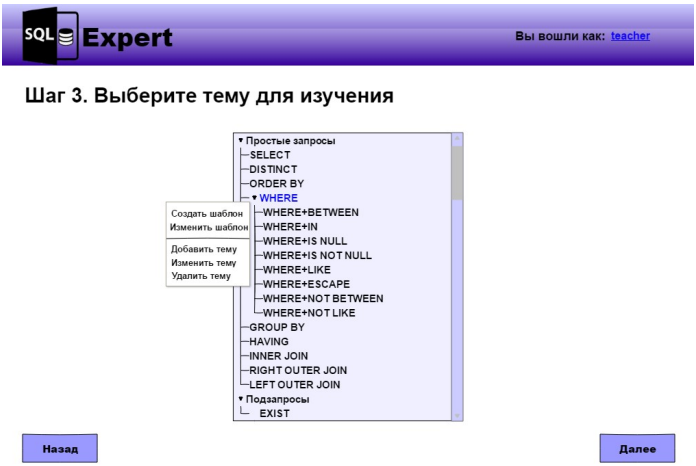


Рис. 5. Страница для работы со списком тем

Следующий шаг – создание шаблонов заданий по выбранной теме, их сохранение для последующей работы и генерации типовых заданий (рис. 6).

Рис. 6. Создание и добавление шаблонов

Далее преподаватель составляет типовые решения для сохраненного списка шаблонов заданий, прописывает синтаксис и определяет параметры, по которым будут генерироваться решения (рис.7).

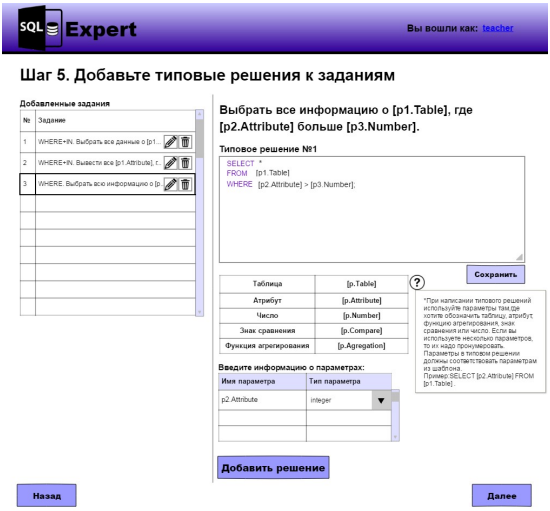


Рис. 7. Формирование типовых решений

На последнем этапе необходимо создать группу студентов, которой будет отправлена созданная преподавателем практическая работа и выбрать срок, за который она должна быть выполнена (рис.8).

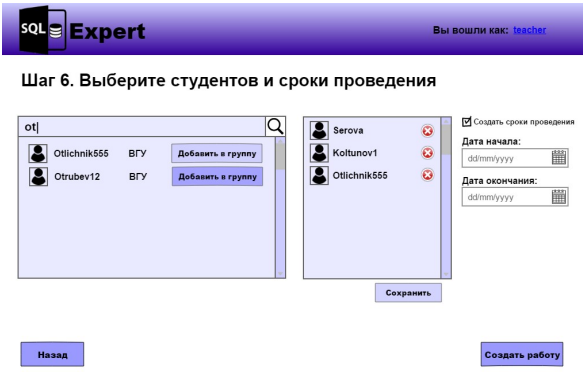


Рис. 8. Формирование группы студентов для решения

Для пользователей студентов основной частью программы является страница с решением сгенерированного задания по загруженной преподавателем базе данных (рис.9). В верхнем поле студент вводит свое решение, в нижнем поле может просмотреть результат, sql-скрипт и ER-диаграмму.

Рис. 9. Страница решения задания

4. Модель данных

Ниже описаны сущности, которые включает в себя общая модель данных.

1. Таблица. Хранит следующие данные: уникальный номер таблицы, название, номер столбца, номер базы данных.
2. Схема базы данных. Включает в себя: уникальный номер базы данных, название, номер таблицы.
3. Атрибут. Хранит следующие данные: индивидуальный номер столбца, название, номер типа данных, номер ограничения, номер таблицы.
4. Тип данных. Содержит: идентификационный номер типа данных, название, номер атрибута.
5. Ограничение. Имеет следующие столбцы: уникальный номер ограничения, название, номер столбца.
6. Тип ограничения. Элемент, который раскрывает ограничение, наложенное на столбец, более подробно. В нем находятся

уникальный номер типа ограничения, название, его описание и номер ограничения, к которому относится.

На рис.3 изображена диаграмма базы данных в нотации IDEF1X.

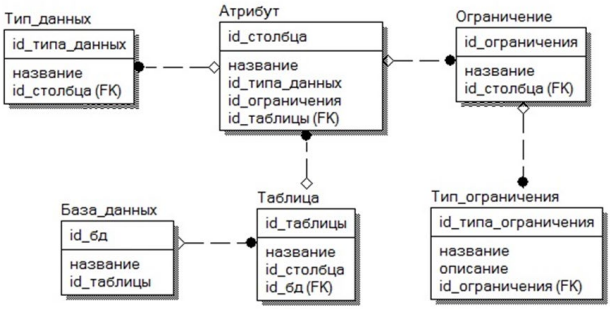


Рис. 10. ER-диаграмма базы данных на логическом уровне

Модель данных приложения включает в себя следующие сущности:

1Преподаватель. Хранит следующие данные: индивидуальный номер преподавателя, логин, пароль.

7. Схема базы данных. Включает в себя: уникальный номер базы данных, имя базы данных; скрипт, номер преподавателя, который загрузил данную базу.
8. Задание. Содержит следующие записи: номер задания, формулировка задания, типовое решение данного задания, база данных, к которой относится, номер шаблона, из которого было составлено.
9. Шаблон. Включает в себя две записи: уникальный номер и текст.
10. Студент. Хранит следующие данные: индивидуальный номер студента, логин, пароль.
11. Задание-пользователь. Связующий элемент между заданием и пользователем. Включает данные о студенте, задаче и логическую переменную, указывающую на то, решил пользователь задание или нет.
12. Решение. Это уникальный номер решения и само решение.

На рис.4 изображена диаграмма базы данных в нотации IDEF1X.

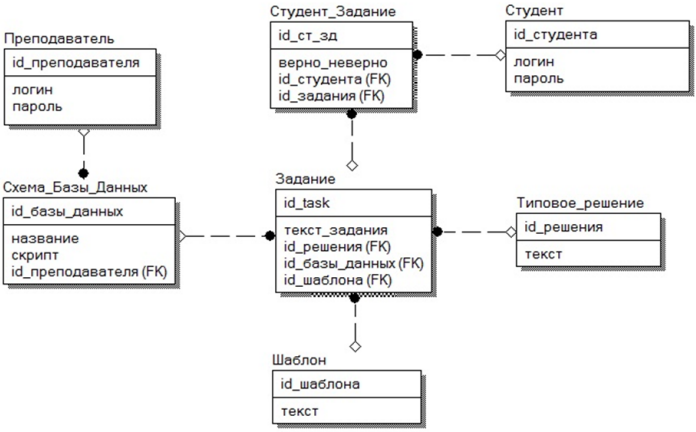


Рис. 11. ER-диаграмма базы данных на логическом уровне

Заключение

По итогам работы был проведен анализ существующих приложений, на основе полученных данных была выделена необходимая функциональность приложения, а также разработаны основные требования, по которым была построена общая модель данных и модель данных приложения. Вместе с тем спроектирован интерфейс интерактивного сервиса поддержки обучения языку SQL, самостоятельно генерирующего задания по загруженной базе данных.

Список литературы

1. Алан Купер Интерфейс. Основы проектирования взаимодействии. 4-е издание/ Алан Купер: – Санкт-Петербург: Издательский дом «Питер», 2016. – 719 с.

2. Скот Билл Проектирование веб-интерфейсов/ Скот Билл: – Москва: Символ-Плюс, 2018. – 234 с.

3. Миронов А. С. Пользовательский интерфейс // Молодой ученый. − 2016. − №15. − 145-147 с.

4. Мюллер, Р. Дж. Базы данных и UML. Проектирование / Р. Дж. Мюллер. − М.: ЛОРИ, 2017. − 420 с.

5. Язык определения данных (SQL DDL) – URL:http://www.sql-tutorial.ru/ru/book_sql_ddl.html

Особенности выбора архитектуры и компонентов для построения распределенных приложений

Р. О. Дронов, e-mail: dronov.r96@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *При написании крупных прикладных приложений часто необходимо разделение исполняемого кода не только на модули, но и на независимые программы, запускаемые на разных компьютерах. В данной работе рассмотрены особенности построения высоконагруженных приложений, взаимодействующих по сети, и проведены рекомендации по выбору ключевых архитектурных решений.*

Ключевые слова: *распределенные системы, высоконагруженные приложения, масштабируемость, akka cluster, apache kafka.*

Введение

Прошедшее десятилетие разработки программного обеспечения видоизменило требования к серверным приложениям, выдвинув совершенно новые критерии отказоустойчивости, безопасности, отзывчивости и масштабируемости. Одновременно изменились и подходы к построению таких приложений. Стали распространенными микросервисные архитектуры, брокеры сообщений для взаимодействия программ и подсистем, реплицируемые хранилища данных [1]. Программные продукты стали распределенными.

У разработчиков возникла необходимость в инструментах, помогающих сделать написание таких программ комфортным, избавляющих от необходимости подробного описания сетевого взаимодействия, скрывающих распределенную природу разрабатываемых программных комплексов.

Выбором инструмента не исчерпывается список задач, возникающий перед архитектором системы. При разработке, а затем и развертывании продукта необходим мониторинг, балансировка нагрузки, обеспечение быстрого восстановления работоспособности в случае сбоя и надежное хранение данных. Однако, выбор базовых инструментов влияет на все последующие этапы разработки и возможность возникновения ошибок или узких мест производительности.

Прежде чем писать распределенное приложение, следует определиться с теми требованиями, которые к нему предъявляются.

© Дронов Р. О., 2020

Выявив высоконагруженный компонент, можно сконцентрироваться на решении конкретной проблемы.

В данной работе исследованы и приведены те аспекты, которые следует учесть при выборе того или иного способа построения распределенной системы.

1. Распределенное приложение

Чтобы определиться, когда можно говорить о распределенной природе приложения, введем некоторый особый признак такого приложения, а именно: сетевое взаимодействие разных компонентов. Если база данных приложения использует репликацию хранимых в ней объектов, то взаимодействие между СУБД происходят по сети, т.к. в целях достижения надежности эти СУБД должны быть запущены на разных компьютерах. Это пример распределенного взаимодействия, практически скрытого от автора программы, пользующейся данными – здесь сетевое взаимодействие описано конфигурацией и определяется инфраструктурой. Однако, на нескольких машинах могут располагаться и приложения, отвечающие за бизнес-логику, и каждое такое приложение может быть запущено в нескольких экземплярах для обеспечения отказоустойчивости и выдерживания высокой нагрузки, например, при интенсивном обращении к данным.

Большинство нужд распределенного приложения могут покрыть уже готовые решения, принятые и проверенные в промышленной разработке, например, *akka cluster*. Возможности этого фреймворка позволяют запускать системы, контролируя взаимодействие программ на разных машинах, представляющих звенья кластера, увеличивая или сворачивая дополнительные модули в случае высокой нагрузки, реплицируя данные для надежного хранения и предоставляя многие другие возможности.

Однако, выбор такого инструмента сопряжен и с определенными трудностями. Так, для построения кластера, обладающего свойством согласованности, каждое звено кластера (т. е. каждая программа, запущенная отдельным процессом и обеспеченная контролем жизненного цикла) должно быть запущено в трех экземплярах. Если принять предположение, что применение микросервисной архитектуры начинает быть оправданным, когда представляется возможно выделить хотя бы 5 независимых сервиса, то создание инфраструктуры для них потребует 15 виртуальных машин для нужд разработчиков, еще 15 (снова по 3 экземпляра для каждого из 5 сервисов) для нужд команды, обеспечивающей качество и проводящей тестирование, и еще 15 для поставляемой пользователям версии, развернутой и готовой обслуживать запросы. Итого не меньше 45 машин, что

предположительно может означать 90 гигабайт задействованной оперативной памяти из расчета 2 Gb на каждое звено. Заметим также, что с трудностями будет сопряжена и поддержка инфраструктуры, например, добавление новых модулей и изменение конфигурации любой подсистемы.

Следует проверить, есть ли при решении предполагаемой задачи предпосылки к выбору столь сложного инструмента, и рассмотрим альтернативные архитектурные решения, способные решить выделяемые проблемы.

2. Распределенная коммуникация

Использование *Akka Cluster* может быть мотивировано возможностью использовать фреймворк в качестве средства распределенной коммуникации. Можно запустить главное звено кластера и рабочие сопрограммы, предоставив механизмам кластеризации решать задачи параллельно. Достижению тех же целей могут способствовать брокеры сообщений (*Apache Kafka*, *RabbitMQ*, *ActiveMQ*), представляющие собой промежуточный компьютерный программный модуль, который переводит сообщение из формального протокола обмена сообщениями отправителя в формальный протокол обмена сообщения получателя [2].

Выбор в пользу брокера сообщений также приведет к некоторой независимости инфраструктуры, и написание нового компонента системы потребует лишь написание небольшого архитектурного слоя коммуникации для обмена сообщениями. Обеспечение жизненного цикла нового компонента будет полностью делегировано команде, ответственной за его написание, а значит может быть реализовано с большей гибкостью и независимо от остальной системы [3].

Программы, получающие сообщения от брокера, обеспечивают параллельное выполнение задачи и в то же время достигается изоляция компонентов, конфигурируемых на основе технических требований и отвечающих за свой, отдельный бизнес домен.

3. Масштабируемость операций чтения

Распределенные приложения предъявляют особые требования к масштабируемости. Так, при росте клиентской базы или в прогнозируемые часы нагрузки ожидается возможность обеспечить прежний уровень отзывчивости за счет роста числа потоков обработки или увеличения количества обслуживающих программ, запущенных единовременно. *Akka Cluster* позволяет увеличивать число запущенных звеньев кластера, но стоимость такого подхода может быть слишком высокой, как показано в разделе 1. Следует разобраться, какой

программный слой требует действительно высокой и оперативной масштабируемости.

В большинстве систем наибольшая нагрузка приходится на операции чтения. Следовательно, масштабировать следует подсистему запросов. Компоненты, отвечающие за извлечение данных, не имеют состояния, и могут быть легко запущены во множестве экземпляров. В этом случае архитектору продукта следует присмотреться к архитектуре *CQRS* (*command query responsibility segregation*) [4], разделяющей подсистему ввода от подсистемы команд, модифицирующей данные. Тогда, модули запросов (*query*) извлекают специально сгруппированные данные, подготовленные только для чтения, а подсистема событий (*event sourcing*) обеспечивает последовательное внесение изменений.

4. Масштабируемость операция записи

Нельзя оставить без внимания те виды высоконагруженных приложений, когда масштабирования требуют операции записи. Как правило, это наиболее трудная задача. Обычно она решается *оптимистичными блокировками* – методом контроля конкурентного кода, часто встречающийся в транзакционных системах, подобных реляционным базам данных, при котором множество транзакций может исполняться не мешая друг другу. Транзакции вносят изменения, но перед подтверждением этих изменений происходит проверка, не модифицировали ли записи другими транзакциями. Если произошли конфликтные изменения, происходит откат транзакции [5]. Это давно известный и часто применяемый механизм, доступный в популярных СУБД.

Большего внимания требуют операции записи для часто модифицируемых данных. В таких случаях оптимистичные блокировки могут привести к деградации производительности системы из-за частых записей в базу с последующим откатом. Конкурентный доступ в таком случае станет слишком медленным. Заметим, что в распределенных базах данных (таких как *Cassandra*, *Skylla*) такой механизм блокировок не предусмотрен. Лучшим решением в таком случае является применение принципа единственного писателя (*single writer principle*), при котором за запись отвечает единственная подсистема программы, исполняющаяся в собственном потоке, и зачастую предоставляющая неблокирующий доступ. Реализация такого механизма в приложении, запущенном на одной машине, является естественной, однако совсем иначе дело обстоит в системах, развернутых на многих компьютерах [6].

Именно в этой ситуации очень полезным может стать использование модуля *Akka Sharding*, обеспечивающего консенсус при

записи данных даже на нескольких машинах. В таком случае, узким местом может стать уже система ввода вывода аппаратной части серверного решения. Для решения этой проблемы на стороне физических машин сервера могут быть установлены быстрые SSD накопители, а на уровне прикладной программы сведены к минимуму операций удаления и редактирования.

Заключение

Современные библиотеки и фреймворки предлагают широкий выбор инструментов для решения типовых проблем, с которым сталкиваются архитекторы распределенных систем. Однако, выбор универсального подхода не всегда является оптимальным. Зачастую, такой продукт имеет высокий порог вхождения и охват слишком широкого спектра задач, что может привести к последствиям, нежелательным для любой команды разработчиков: длительный этап запуска первой версии, сложность поддержки, необходимость получения узкоспециализированных знаний новыми участниками проекта.

Предложенный в данной работе список критериев оценки требований к архитектуре создаваемой системы позволяет сфокусироваться на тех наиболее известных проблемах, решение которых является первостепенной задачей. Общей рекомендацией может служить предположение, что лучшим решением при выборе программной архитектуры будет наиболее специфичное для предметной области и потенциальной нагрузки [7].

Литература

1. Richardson C. Microservices Patterns with examples in Java / Chris Richardson – USA, Shelter Island: Manning, 2019. – 491 с.

2. Roy G. M. RabbitMQ in Depth / Gavin M. Roy – USA, Shelter Island: Manning, 2019. – 246 с.

3. Karkhede N. Kafka: The Definitive Guide Real-Time Data and Stream processing at Scala / Neha Karkede, Gwen Shapira, Todd Palino – USA, Sebastopol: O'Reilly, 2017. – 566 с.

4. Электронный каталог Microsoft: шаблон CORS – режим доступа https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/architecture/patterns/cqrs

5. On optimistic methods for concurrency control / H. T. Kung, John T. Robinson // Assosiation for Computing Machinery. – 1981. – June. Vol 6. No. 2. – P. 213 – 226

6. Kleppmann M. Design Data Intensive Applications / Martin Kleppmann – USA, Sebastopol: O'Reilly, 2017. – 590 с.

7. Theron V. Scala high performance programming / Vincent Theron, Michael Diamant – Birmingham, UK: Packt Publishing, 2016. – 258 с.

Особенности программной реализации информационно-справочной системы «Интерактивная афиша Воронежа»

О.Б. Кремер, email: olgaborisovna_k@mail.ru
С.Л. Подвальный, email: spodvalny@yandex.ru
М.С. Папилина, email: marina230495@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Аннотация. *В статье представлены особенности программной реализации информационно-справочной системы с информацией о развлекательных мероприятиях в городе Воронеже. Рассмотрены выбор программного обеспечения для реализации ИСС, некоторые этапы проектирования системы и программная реализация запросов к базе данных на языке C#.*

Ключевые слова: *информационно-справочная система, база данных, web-технологии, мероприятия.*

Введение

На кафедре автоматизированных и вычислительных систем ВГТУ была разработана информационно-справочная система «Интерактивная афиша Воронежа» на основе web-технологий. Данная ИСС предназначена для повышения эффективности поиска пользователями интернета развлекательных мероприятий в городе Воронеже.

Под информационно-справочной системой (ИСС) понимается программное средство, предназначенное для хранения и предъявления пользователю разнообразной информации справочного содержания. Для ИСС характерны иерархическая организация материала и быстрый поиск информации по различным параметрам [1].

Web-технологии – это коммуникационные, информационные и иные технологии создания и поддержки различных информационных ресурсов в сети Интернет: сайтов, блогов, форумов, чатов, электронных библиотек и энциклопедий [2].

После проведения системного анализа предметной области к основной информации о мероприятиях для ИСС была отнесена такая, как тип мероприятия, название места, где оно проходит, район города, адрес, телефон, адрес страницы сайта с мероприятием.

© Кремер О.Б., Подвальный С.Л., Папилина М.С., 2020

1. Выбор программного обеспечения для реализации ИСС

Для программной реализации ИСС на основе web-технологий необходимо выбрать язык программирования и систему управления базами данных (СУБД).

Были рассмотрены два языка: Python – интерпретируемый язык программирования, который имеет широкую сферу применения в различных предметных областях [3], и C# – универсальный и мощный компилируемый язык программирования, который является одной из составных частей платформы .NET [4].

Результаты сравнения параметров данных языков программирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение языков программирования

Параметр	**C#**	**Python**
Парадигма	Объектно-ориентированная	Объектно-ориентированная, функциональная
Типизация	Статическая, динамическая	Динамическая
Управление памятью	Ручное управление, сборка мусора	Сборка мусора
Объектно-ориентированные возможности	Интерфейсы	Интерфейсы, Mixins, множественное наследование
Функциональные возможности	Функция является объектом первого класса, анонимные функции, лексическое замыкание, каррирование	Функция является объектом первого класса, лексическое замыкание, каррирование, частичное применение
Тип транслятора	Компилятор	Интерпретатор

Для решения поставленной задачи выбран язык C#.

Были рассмотрены параметры таких СУБД, как Microsoft SQL Server и PostgreSQL.

Microsoft SQL Server – это СУБД, движок которой работает на облачных серверах и локальных серверах с возможностью использовать эти типы серверов одновременно [5].

PostgreSQL – надежная, быстрая и мощная объектно-реляционная СУБД с открытым исходным кодом [6].

Результаты сравнения технических характеристик данных СУБД представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение СУБД

Параметр	PostgreSQL	MS SQL Server
Максимальный размер БД, Тбайт	Нет ограничений	524 272
Максимальное количество записей в таблице	Нет ограничений	Нет ограничений
Максимум полей в записи	250—1600	30 000
Максимум индексов в таблице	Нет ограничений	999
ACID (атомарность, согласованность, изоляция, долговечность)	Есть	Есть
Ссылочная целостность	Есть	Есть
Транзакция	Есть	Есть
Unicode	Есть	Есть
Временные таблицы	Есть	Есть
Представления	Есть	Есть
Индекс выражения	Есть	Нет
Частичный индекс	Есть	Нет
Курсор	Есть	Есть
Пользовательские функции	Есть	Есть
Триггеры	Есть	Есть
Хранимые процедуры	Есть	Есть

Для решения поставленной задачи выбрана СУБД MS SQL Server.

Для работы с базой данных (БД) на языке C# была выбрана технология ASP.NET Core, которая работает по шаблону MVC (модель, представление, контроллер).

2. Структура страниц ИСС

Представим структуру взаимосвязанных страниц ИСС «Интерактивная афиша Воронежа».

Работа пользователя с интернет-ресурсом начинается с главной страницы, на которой представлена информация о ресурсе.

С главной страницы пользователю доступен переход на следующие страницы:

- «Мероприятия»;
- «О разработчике»;
- «Помощь».

На странице «Мероприятия» организован блок «Поиск», предоставляющий возможность найти мероприятие по типу мероприятия, району города, времени работы. Так же на странице располагаются ссылки на следующие страницы: «Кинотеатры», «Театры», «Музеи», «Кафе», «Развлекательные центры», «Концерты».

Страница «Кинотеатры» содержит список кинотеатров по выбранному району в виде таблицы с указанием времени работы. Район города можно изменить.

После щелчка левой кнопкой мыши по одному из кинотеатров откроется страница выбранного кинотеатра с контактными данными.

Аналогичным образом организованы страницы «Театры», «Музеи», «Кафе», «Развлекательные центры», «Концерты».

Страница «О разработчике» содержит информацию о разработчике интернет-ресурса и его контактные данные.

Страница «Помощь» содержит справочную информацию по использованию сайта и его функциональных возможностях.

Страница «Авторизация» доступна только администратору сайта. После авторизации предоставлен доступ к страницам редактирования списков районов, мероприятий и типов мероприятий.

3. Структура базы данных ИСС

Структура БД представляет собой схему таблиц базы данных и отношения между ними. Она состоит из таблиц, созданных разработчиком сайта, и таблиц, обеспечивающих авторизацию пользователя, создаваемых автоматически технологией ASP.NET Core с помощью встроенной библиотеки Identity.

Структура БД и связь пользовательских таблиц представлена на рис. 1.

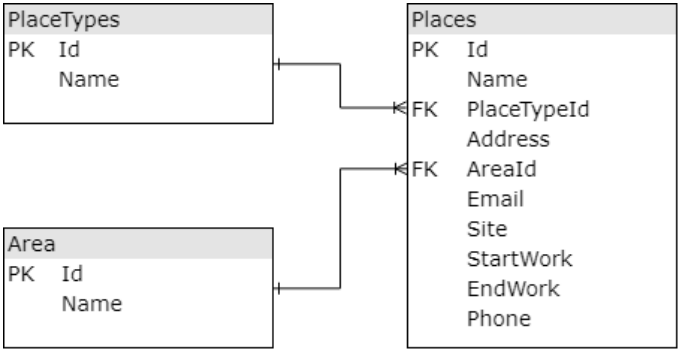


Рис. 1. Структура пользовательских таблиц БД

Спроектированные в ходе разработки ИСС таблицы имеют следующее назначение:

– «Area» предназначена для хранения списка районов города;

– «PlaceTypes» предназначена для хранения списка типов мероприятий;

– «Places» предназначена для хранения информации о мероприятиях.

Таблица БД «Places» является основной, в ней хранится вся информация о мероприятиях. Перечень названий полей данной таблицы, их описание и типы данных представлены в табл. 3.

Таблица 3

Таблица БД «Places»

Имя поля	Тип	Описание поля
Id	int	Счетчик
Name	nvarchar(70)	Название мероприятия
PlaceTypeId	int	Идентификатор типа мероприятия
AreaId	int	Идентификатор района
Address	nvarchar(60)	Адрес местоположения
Email	nvarchar(50)	Адрес электронной почты
Site	nvarchar(70)	Гиперссылка на сайт мероприятия
Phone	nvarchar(20)	Номер телефона
StartWork	datetime2(7)	Время начала работы
EndWork	datetime2(7)	Время окончания работы

4. Программная реализация запросов к БД на языке C#

Представим обращение к БД на языке C# с использованием объектно-ориентированной технологии программирования для работы с данными Object-Relational Mapping (ORM).

Программный код класса, который описывает таблицу БД «Places», представлен на рис. 2. Аналогично выполнен программный код классов, описывающих таблицу БД «Area» и таблицу БД «PlaceType».

Программный код обращения к БД с использованием технологии ORM для создания мероприятия представлен на рис. 3.

При этом среда разработки автоматически формирует SQL-запрос, представленный на рис. 4.

```
public class Place
    {
        public int Id { get; set; }
        [Required (ErrorMessage = "Не указано название")]
        public string Name { get; set; }
        public PlaceType PlaceType { get; set; }
        [Required (ErrorMessage = "Не указан тип места")]
        public int PlaceTypeId { get; set; }
        public string Address { get; set; }
        public Area Area { get; set; }
        [Required (ErrorMessage = "Не указан район")]
        public int AreaId { get; set; }
        [EmailAddressAttribute]
        public string Email { get; set; }
        [DataType(DataType.Url)]
        public string Site { get; set; }
        [DataType(DataType.Time)]
        public DateTime StartWork { get; set; }
        [DataType(DataType.Time)]
        public DateTime EndWork { get; set; }
        [PhoneAttribute]
        public string Phone { get; set; }
    }
```

Рис. 2. Программный код класса «Place»

```
place.PlaceType = db.PlaceTypes.FirstOrDefault(s => s.Id == place.PlaceTypeId);
            place.Area = db.Areas.FirstOrDefault(s => s.Id == place.AreaId);
            db.Places.Add(place);
            db.SaveChanges();
```

Рис. 3. Программный код для создания мероприятия

```
        SELECT TOP(1) [s].[Id], [s].[Name]
        FROM [PlaceTypes] AS [s]
        WHERE [s].[Id] = @__place_PlaceTypeId_0
        SELECT TOP(1) [s].[Id], [s].[Name]
        FROM [Areas] AS [s]
        WHERE [s].[Id] = @__place_AreaId_0
        INSERT INTO [Places] ([Address], [AreaId], [Email], [EndWork], [Name], [Phone], [PlaceTyp-
eId], [Site], [StartWork])
        VALUES (@p0, @p1, @p2, @p3, @p4, @p5, @p6, @p7, @p8);
```

Рис. 4. Программный код для создания мероприятия

Фрагмент кода запроса к БД на поиск мероприятий имеет следующий вид (рис. 5).

```
places = db.Places.Include(s => s.PlaceType).Where(s => s.AreaId == areaId
&& s.PlaceTypeId == placetypeId);
```

Рис. 5. Фрагмент кода для поиска мероприятий

Ему соответствует автоматически созданный SQL-запрос, представленный на рис. 6.

```
SELECT [p].[Id], [p].[Name]
FROM [PlaceTypes] AS [p]
SELECT [a].[Id], [a].[Name]
FROM [Areas] AS [a]
SELECT [s].[Id], [s].[Address], [s].[AreaId], [s].[Email], [s].[EndWork], [s].[Name],
[s].[Phone], [s].[PlaceTypeId], [s].[Site], [s].[StartWork], [s.PlaceType].[Id],
[s.PlaceType].[Name]
FROM [Places] AS [s]
INNER JOIN [PlaceTypes] AS [s.PlaceType] ON [s].[PlaceTypeId] = [s.PlaceType].[Id]
```

Рис. 6. SQL-запрос для поиска мероприятий

Для вывода отдельных полей таблицы в представлении указываются нужные свойства класса (рис. 7).

```
@foreach (var item in Model.Places)
        {
            string startWorkValue = item.StartWork.ToShortTimeString();
            string endWorkValue = item.EndWork.ToShortTimeString();
            <tr onclick="window.location.href='@Url.Action("Details",
              "Place", new {id = item.Id })'">
              <td>@Html.DisplayFor(modelItem => item.Name) </td>
              <td>@Html.DisplayFor(modelItem => item.Area.Name) </td>
              <td> @Html.DisplayFor(modelItem => startWorkValue) </td>
              <td> @Html.DisplayFor(modelItem => endWorkValue) </td> </tr>
        }
```

Рис. 7. Программный код настройки представления информации

Результат запроса на поиск мероприятий с заданными настройками представления информации на экране представлен на рис. 8.

Результаты поиска

Название	Район	Время начала работы	Время окончания работы
Спартак	Ленинский	8:00	23:00
Максимир	Железнодорожный	8:00	23:00
Юность	Центральный	8:00	23:59
Левый Берег	Левобережный	8:30	23:59
Star&Mlad	Коминтерновский	10:00	23:00
Люксор	Коминтерновский	9:30	23:59
Синема Парк	Ленинский	10:00	23:30

Рис. 8. Результат запроса на поиск мероприятий

Аналогично создан программный код запроса к БД на поиск информации о выбранном мероприятии, среда разработки автоматически формирует SQL-запрос, заданы настройки представления информации на экране. Результат запроса на поиск информации о мероприятии представлен на рис. 9.

Информация о мероприятии

Тип мероприятия	Кинотеатры
Название	Спартак
Район	Ленинский
Адрес	пл. Ленина, д.13
Телефон	239-03-50
Сайт	http://www.spartak.ru
Email	billing@kinospartak.ru
Начало работы	8:00
Конец работы	23:00

Рис. 9. Результат запроса на поиск информации о мероприятии

Заключение

Таким образом, рассмотрены особенности программной реализации информационно-справочной системы «Интерактивная афиша Воронежа», выбран языка программирования C# и СУБД Microsoft SQL Server для реализации ИСС, приведены этапы проектирования структуры взаимосвязанных страниц интернет-ресурса

и структуры базы данных ИСС, а также программные коды обращения к БД на языке C# для получения информации пользователем ИСС и примеры результатов запросов.

Список литературы

1. Жданов, С.А. Информационные системы. Учебник для ВУЗов / С.А. Жданов, М.Л. Соболева, А.С. Алфимова. – М.: ООО «Прометей», 2015. – 302 с.

2. Государство. Бизнес. ИТ. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интернет-технологии

3. Лутц, М. Изучаем Python / М. Лутц. – 4-е изд. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-полюс, 2011. – 1280 с.

4. Руководство по C#. – Электрон. дан. – Режим доступа: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/tour-of-csharp/

5. Петкович, Д. Microsoft SQL Server 2012. Руководство для начинающих: Пер. с англ. / Д. Петкович. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. — 816 с.

6. Редмонд, Э. Семь баз данных за семь недель. Введение в современные базы данных и идеологию NoSQL / Эрик Редмонд, Джим. Р. Уилсон; под ред. Жаклин Картер. - пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 384с.

Дезинтеграционные процессы разработки программного обеспечения сайтов НИИ

В.В. Кульба [1], E-mail: kulba@ipu.ru,
В. И. Меденников [2], E-mail: dommed@mail.ru

[1] ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН
[2] ВЦ им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *В работе рассматривается программное обеспечение, используемое для разработки сайтов сельскохозяйственных НИИ, с целью анализа возможности формирования единого Интернет-пространства научно-образовательных ресурсов в рамках цифровой экономики, требуемой интеграции как информационных ресурсов, так и совместимости программного обеспечения.*

Ключевые слова: *программное обеспечение, сайты, сельскохозяйственные НИИ.*

Введение

Задача формирования единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов (ЕИИП НОР) объективно обусловлена совершенствованием ИКТ. Данное информационное пространство выполняет триединую роль.

1. Информатизация самой науки. Здесь формирование ЕИИП НОР необходимо в связи с экспоненциальным ростом объемов информации в науке, появившейся возможностью создания новых информационных технологий, обеспечивающих эффективность извлечения необходимых знаний. Информационные технологии, прежде всего, на основе Интернет, дали науке качественно новые возможности для широкого обмена идеями между учеными и информационными научными ресурсами и их цифрового взаимодействия.

2. Информационные технологии способны выполнить функции стимулирования научно-технического прогресса лишь при условии определенного уровня интеллектуального потенциала общества, в формировании которого ключевую роль играет система образования. В процессе трансформации научных знаний в образовательные опять же большую роль играют ИКТ.

3. ЕИИП НОР обеспечивает эффективную систему трансфера научных знаний в экономику, способствует разработке научных

© Кульба В. В., Меденников В. И., 2020

концепций ЦЭ, ее цифровых платформ, научное сопровождение, мониторинг процесса цифровизации страны, отраслей, предприятий, территориальных образований, общества.

В статье анализируется программное обеспечение, используемое сайтами сельскохозяйственных НИИ, на предмет требований ЦЭ как по интеграции информационных ресурсов (ИР), информационных систем (ИС), так и совместимости программного обеспечения (ПО).

2. 1. Сводная информация

Для анализа программного обеспечения, используемого сайтами сельскохозяйственными НИИ, был использован бесплатный плагин под названием Wappalyzer (https://wappalyzer.com/). Этот плагин устанавливается в качестве расширения практически на все виды популярных браузеров, и позволяет, при переходе на конкретный сайт, сразу же увидеть, какое именно программное обеспечение в виде веб-приложения (ВП) используется на данном конкретном сайте.

Всего на 185 сайтах сельскохозяйственных НИИ найдено 954 различных случаев использования 86 видов ВП. В среднем на один НИИ это составляет чуть более 5 видов ВП [1]. Максимальное количество видов ВП на одном сайте – 13 – зафиксировано для сайта НИИ сельского хозяйства и экологии Арктики. Три института - Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства и Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени Я.Р. Коваленко – используют на своих сайтах по 11 видов ВП. Ещё 9 НИИ аграрного профиля используют на своих сайтах 10 видов ВП. В конце списка 12 НИИ, для которых Wappalyzer нашёл на сайте только одно используемое ВП.

По типам ВП все 954 обнаруженных случаев использования ВП разбиты на 25 групп, перечень которых с описанием использования приведён в таб. 1.

Таблица 1

Сводная таблица ПО, представленного на сайтах НИИ

Наименование группы ПО	Краткое описание предназначения группы	Коли-чество
JavaScript-фреймворки	Оформление страниц сайта (клиент-технологии)	183
Веб-сервер	Сервер, на котором запускается и поддерживается сайт (сервер-технологии)	180

Продолжение табл. 1

Аналитика	Системы отслеживания посещения сайтов, его индексации, состава и т.п. (клиент-сервер технологии)	145
Язык программирования	Язык, используемый в работе сайта (сервер-технологии)	128
CMS	Системы автоматизированного управления содержимым сайта (сервер технологии)	92
Набор шрифтов	Дополнительные шрифты формирования страниц сайта (сервер-технологии)	61
Веб-фреймворки	Аналогично п.1, но только для Интернета (клиент-сервер технологии)	45
Операционная система	Операционная система, на которой работает сайт (сервер технологии)	40
Blog	Специальный вид CMS для публикаций типа «дневник» (сервер технологии)	21
Виджеты	Показ небольших программных вставок на страницах сайта (клиент технологии)	12
Программа создания	ВП создания сайтов (сервер технологии)	7
wappalyzer_title_web-server extensions	Встроенные средства Wappalyzer (сервер технологии)	6
Хостинг панель	ВП для управления содержимым сайта (сервер-технологии)	6
Видео	Видео для отображения на сайте (сервер технологии)	5
Рекламная сеть	ВП для показа рекламы на сайте (сервер технологии)	4
Автоматизация маркетинга	Средства автоматизации на сайте (например, рассылка почтовых отправлений) клиент-сервер технологии	3
Карта	Средства показа карт на сайте (клиент-сервер технологии)	3

Окончание табл. 1

Фото галерея	ВП для показа изображений и/или фото на сайте (клиент-сервер технологии)	3
Интернет магазин	Узкоспециализированные системы управления сайтами (CMS) для управления продажами онлайн (сервер-технологии)	2
Кеш	ВП для кеширование страниц сайта (сервер-технологии)	2
Разное	ВП, непопавшее ни в одну группу (клиент-сервер технологии)	2
CDN	ВП для быстрой доставки содержимого страниц сайта (сервер технологии)	1
Javascript графика	Тоже, что и п.1, но графика (клиент технологии)	1
База данных	База данных, используемая на сайте (клиент-сервер технологии)	1
Мобильный фреймворк	ВП для создания мобильной версии сайта (клиент-сервер технологии)	1

Как видно, в целом первые десять видов ВП покрывают более 95% всех случаев использования ВП на сайтах сельскохозяйственных НИИ.

Как видно из таб. 1, с большим отрывом лидируют две группы ВП: «Java-script фреймвоки» и «Веб-серверы» (183 и 180 случаев использования, или 19,2 и 18,9%% от общего числа найденного на сайтах ВП). Если наличие второй группы в числе лидеров не удивительно (сайты всегда работают на тех или иных видах Веб-серверов), то первая группа не столь ожидаема в числе лидеров. Следует признать, что эта группа ВП получила значительную популярность в последние годы, и эта популярность продолжает расти.

Группы «Статистика» и «Языки программирования» также довольно широко представлены на сайтах НИИ аграрного профиля (145 и 128 случаев использования, или 15,2% и 13,4% от общего числа найденного на сайтах ВП соответственно). Достаточно широко также представлена группа CMS.

Рассмотрим более подробней состав наиболее важных групп. Полное описание всех групп приведено в [1, 2].

3. Группа программного обеспечения «Java-script фреймвоки»

Ситуация в данной группе ВП представлена в таб. 2

Таблица 2

Представленность ВП группы «Java-script фреймвоки»

№ п/п	Наименование ВП	Количество упоминаний на сайтах	% от общего количества в группе
1	jQuery	112	61,2
2	MooTools	28	15,3
3	Lightbox	18	9,8
4	jQuery UI	10	5,5
5	Modernizr	5	2,7
6	prettyPhoto	2	1,1
7	RequireJS	2	1,1
8	FancyBox	1	0,5
9	Prototype	1	0,5
10	React	1	0,5
11	script.aculo.us	1	0,5
12	Slimbox	1	0,5
13	Slimbox 2	1	0,5
ИТОГО		183	100,0

Как видно, с большим отрывом первое место занимает очень популярный пакет jQuery (более 60% от общего количества использования по данной группе ВП). Только первые два пакета ВП занимают в данной группе лидирующие позиции.

4. Группа программного обеспечения «Веб-сервер»

В данной группе безоговорочное лидерство у сервера Nginx, на который приходится в точности 2/3 всех упоминаний веб-серверов на сайтах НИУ аграрного профиля. Более чем в два раза реже упоминается веб-сервер Apache. Здесь сайты сельскохозяйственных НИИ не уходят от тенденций русскоязычного сектора Интернета, где он также обслуживает более половины сегмента.

Распределение ПО в этой группе представлено в таб. 3.

Третий Веб-сервер в списке IIS используется в связке с технологией веб-разработки Microsoft ASP.NET и потому запускается в обязательном порядке на тех сайтах, где эта технология использовалась для их разработки.

Наконец, последнее ВП OpenResty является надстройкой над Nginx и запускается по этой причине только в связке с данным сервером.

Таблица 3

Представленность ВП группы «Веб-сервер»			
п/п	Наименование ВП	Количество упоминаний на сайтах	% от общего количества в группе
1	Nginx	120	1,9
2	Apache	51	90,7
3	IIS	8	16,7
4	OpenResty	1	5,6
	ИТОГО	180	100,0

5. Группа программного обеспечения «Аналитика»

Распределение ПО в этой группе представлено в таб. 4.

В списке в данной группе только три строки. Таким образом, рынок данного ВП фактически поделен между тремя представителями. Общая сумма в строке итогов – 145 – однако вводит в заблуждение по части общего количества сайтов, которые используют данную группу ВП, так как на сайтах, которые используют данный тип ВП, как выяснилось, зачастую используется несколько (два или все три) таких конкретных ВП.

Таблица 4

Представленность ВП группы «Аналитика»			
№ п/п	Наименование ВП	Количество упоминаний на сайтах	% от общего количества в группе
1	Yandex.Metrika	77	53,1
2	Liveinternet	43	29,7
3	Google Analytics	25	17,2
	ИТОГО	145	100,0

Таким образом, из 185 сайтов на 77 сайтах (41,6% от общего числа сайтов) данный тип ВП не используется. Так что мы можем сделать вывод, что, или на этих 77 сайтах используются настолько редкие системы учёта статистики, что они просто неизвестны системе Wappalyzer, или же владельцам этих сайтах статистическая информация о своих сайтах попросту не нужна и/или неинтересна.

6. Группа программного обеспечения «Язык программирования»

Данная группа ПО представлена в таб. 5.

Таблица 5

Представленность ВП группы «Язык программирования»			
№ п/п	Наименование	Количество	% от общего числа сайтов
1	PHP	124	96,8
2	Python	2	1,6
3	Perl	1	0,8
4	Lua	1	0,8
ИТОГО		128	100,0

В сущности можно констатировать, что кроме PHP, остальные языки на сайтах НИИ фактически не представлены.

7. Группа программного обеспечения «CMS»

Данная группа ПО представлена в таб. 6.

Таблица 6

Представленность ВП группы «CMS»			
№ п/п	Наименование	Количество	% от общего числа сайтов
1	Joomla	40	43,5
2	WordPress	21	22,8
3	1C-Bitrix	9	9,8
4	uCoz	6	6,5
5	Drupal	5	5,4
6	TYPO3 CMS	3	3,3
7	MODX	2	2,2
8	Amiro.CMS	1	1,1
9	Concrete5	1	1,1
10	DataLife Engine	1	1,1
11	MaxSite CMS	1	1,1
12	October CMS	1	1,1
13	Orchard CMS	1	1,1
ИТОГО		92	100,0

С учётом того, что только третья и последняя CMS являются коммерческими, можно констатировать тот факт, что сайты сельскохозяйственных НИИ работают в подавляющем своём

большинстве под управлением бесплатных CMS. Это, конечно, говорит о низком уровне и качестве данных сайтов более чем красноречиво.

8. Группа программного обеспечения «Веб-фреймворки»

Данная группа ПО представлена в таб. 7.

Таблица 7

Представленность ВП группы «Веб-фреймворки»			
№ п/п	Наименование	Количество	% от общего числа сайтов
1	Twitter Bootstrap	29	64,4
2	Microsoft ASP.NET	7	15,6
3	UIKit	3	6,7
4	CodeIgniter	2	4,4
5	Django	1	2,2
6	Django#ZURB Foundation	1	2,2
7	Laravel	1	2,2
8	ZURB Foundation	1	2,2
	ИТОГО	45	100,0

Из таблицы следует монопольное использовании первого ВП в списке Twitter Bootstrap за вычетом ВП из второй строки. Это ВП используют почти 2/3 сайтов сельскохозяйственных НИИ. С учётом высокой популярности этого ВП в мире и его абсолютной бесплатности, удивляться такому положению дел не приходится.

9. Группа программного обеспечения «Операционная система»

Данная группа ПО представлена в таб. 8.

Таблица 8

Представленность ВП группы «Операционная система»			
№ п/п	Наименование	Количество	% от общего числа сайтов
1	UNIX	10	25,0
2	Gentoo	8	20,0
3	Windows Server	8	20,0
4	Ubuntu	7	17,5
5	CentOS	3	7,5
6	Debian	3	7,5
7	FreeBSD	1	2,5
	ИТОГО	45	100,0

Первое впечатление о большом выборе ОС неверно, так как, за исключением третьей строчки, мы имеем дело исключительно с разными клонами и версиями первой в списке ОС – UNIX. В сущности можно говорить о том, что имеет место представленность только двух ОС – Windows (20%) и UNIX.

10. Заключение

Анализ сайтов сельскохозяйственных НИИ показал, что ни один из них не использует СУБД при создании сайтов, что, наряду с отсутствием неких стандартов на ПО для разработки сайтов, слишком большим разнообразием его отдаляет перспективу создания единого информационного Интернет-пространства научно-образовательных ресурсов [3, 4, 5].

Список литературы

1. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов : / В. И. Меденников [и др.]. – М.: Аналитик, 2017. – 250 с.

2. Эффективность использования информационных интернет-ресурсов научно-исследовательских учреждений аграрного направления: / В. И. Меденников [и др.]. – М.: Аналитик, 2018. – 235 с.

3. Меденников, В. И. Анализ влияния научно-образовательных ресурсов на социально-экономическое положение регионов / В. И. Меденников, С. Г. Сальников, М. И. Горбачев // Информатизация образования и науки. – 2018. – № 1(37). С. 154-171.

4. Меденников, В. И. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В. И. Меденников, С. Г. Сальников // Информатика и образование. – 2017. – № 10. С. 45-53.

5. Кульба, В. В. Влияние реформирования науки на формирование региональных цифровых платформ научных ресурсов / В. В. Кульба, В. И. Меденников // Материалы двенадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD’2019 (Москва, 1-3 октября 2019 г.). – Москва, 2019. – С. 800-802.

Использование базы данных для подготовки макета книги

Е. М. Михайлов, email: emix.vrn@yandex.ru [2]
Е. Е. Михайлова, email: lm2002@mail.ru [1]

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается система, позволяющая автоматически выгружать данные из базы данных в документ полиграфического качества.*

Ключевые слова: *Ключевые слова: выгрузка данных, обработка данных, табличные данные, подготовка макета книги.*

Введение

Обработка данных в настоящее время чаще всего проводится с помощью специализированных программ, при этом сами данные хранятся в базе данных [1]. Специализированные программы позволяют получить быстрый доступ к необходимым сведениям, предоставить пользователю ограниченную выборку данных, удобных для анализа и управления ими. При этом в ряде случаев возникает необходимость подготовить к изданию такие сведения. Подход, связанный с выгрузкой необходимых сведений из базы данных с последующим их вводом в издательские системы, чреват неконтролируемым количеством опечаток и ошибок, которые трудно отредактировать, так как числовые сведения не могут быть проконтролированы системами проверки орфографии, да и оператор не может досконально знать весь объём информации. В связи с этим возникает задача автоматизации выгрузки сведений с последующей подготовкой макета книги полиграфического качества.

Реализация

Для решения данной задачи нами была построена система, содержащая три слоя.

Первый уровень представлял собой базу данных на основе СУБД FireBird [2], с которой напрямую работала специализированная программа. Данный слой ответственен за хранение и управление данными, необходимыми для книги.

Вторым слоем являлась специально разработанная программа, которая с помощью SQL-запросов извлекала из базы необходимые сведения и формировала данные в виде текстовых файлов (рис. 1).

© Михайлов Е. М., Михайлова Е. Е., 2020

Третьим слоем выступала издательская система LaTeX [1], которая обрабатывала подготовленные предыдущим слоем текстовые файлы на языке LaTeX и подготавливала финальный документ полиграфического качества.

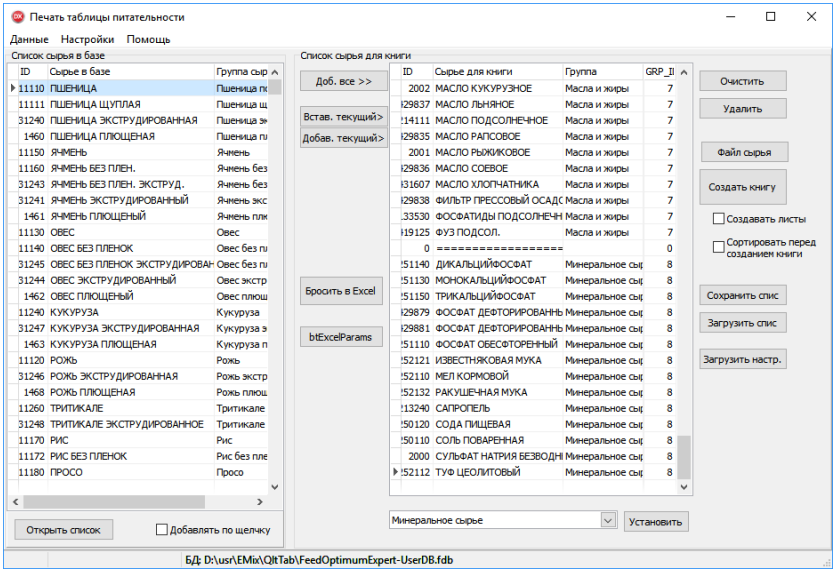
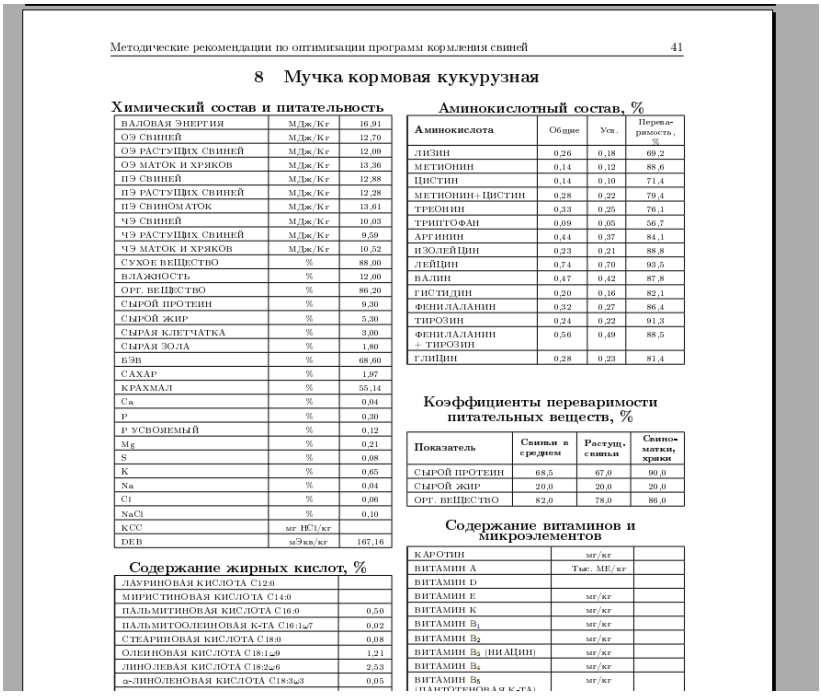


Рис. 1. Программа выгрузки данных из базы и подготовки файла для издательской системы LaTeX.

Выбор издательской системы LaTeX в качестве финальной системы подготовки макета обусловлен, помимо прочих общеизвестных достоинств, еще и тем, что издательская система LaTeX использует в качестве исходных файлов обычные текстовые файлы, которые являются программой для подготовки макета, что упрощает их подготовку сторонними средствами и позволяет создавать их автоматически.

В рамках этой задачи необходимо было подготовить макет справочника питательности ингредиентов кормления сельскохозяйственных животных. Количество ингредиентов было более двухсот, и для каждого ингредиента необходимо было сформировать пять таблиц по разным характеристикам: питательность, усвояемость, аминокислотный состав, химический состав и др. Для облечения формирования книги нами предварительно было принято решение верстать один ингредиент на один лист книги (рис. 2).



Методические рекомендации по оптимизации программ кормления свиней 41

8 Мучка кормовая кукурузная

Химический состав и питательность

ВАЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ	МДж/Кг	16,91
ОЭ СВИНЕЙ	МДж/Кг	12,70
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж/Кг	12,09
ОЭ МАТОК И ХРЯКОВ	МДж/Кг	13,36
ПЭ СВИНЕЙ	МДж/Кг	12,88
ПЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж/Кг	12,28
ПЭ СВИНОМАТОК	МДж/Кг	13,61
ЧЭ СВИНЕЙ	МДж/Кг	10,03
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж/Кг	9,59
ЧЭ МАТОК И ХРЯКОВ	МДж/Кг	10,52
СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	%	88,00
ВЛАЖНОСТЬ	%	12,00
ОРГ. ВЕЩЕСТВО	%	86,20
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	9,30
СЫРОЙ ЖИР	%	5,30
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	3,00
СЫРАЯ ЗОЛА	%	1,80
БЭВ	%	68,60
САХАР	%	1,97
КРАХМАЛ	%	55,14
Ca	%	0,04
P	%	0,30
P УСВОЯЕМЫЙ	%	0,12
Mg	%	0,21
S	%	0,08
K	%	0,65
Na	%	0,04
Cl	%	0,06
NaCl	%	0,10
КСС	мг HCl/кг	
DEB	мЭкв/кг	167,16

Содержание жирных кислот, %

ЛАУРИНОВАЯ КИСЛОТА C12:0	
МИРИСТИНОВАЯ КИСЛОТА C14:0	
ПАЛЬМИТИНОВАЯ КИСЛОТА C16:0	0,50
ПАЛЬМИТООЛЕИНОВАЯ К-ТА C16:1ω7	0,02
СТЕАРИНОВАЯ КИСЛОТА C18:0	0,08
ОЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА C18:1ω9	1,21
ЛИНОЛЕВАЯ КИСЛОТА C18:2ω6	2,53
α-ЛИНОЛЕНОВАЯ КИСЛОТА C18:3ω3	0,05

Аминокислотный состав, %

Аминокислота	Общие	Усв.	Перевариимость, %
ЛИЗИН	0,26	0,18	69,2
МЕТИОНИН	0,14	0,12	88,6
ЦИСТИН	0,14	0,10	71,4
МЕТИОНИН+ЦИСТИН	0,28	0,22	79,4
ТРЕОНИН	0,33	0,25	76,1
ТРИПТОФАН	0,09	0,05	56,7
АРГИНИН	0,44	0,37	84,1
ИЗОЛЕЙЦИН	0,23	0,21	88,8
ЛЕЙЦИН	0,74	0,70	93,5
ВАЛИН	0,47	0,42	87,8
ГИСТИДИН	0,20	0,16	82,1
ФЕНИЛАЛАНИН	0,32	0,27	86,4
ТИРОЗИН	0,24	0,22	91,3
ФЕНИЛАЛАНИН + ТИРОЗИН	0,56	0,49	88,5
ГЛИЦИН	0,28	0,23	81,4

Коэффициенты переваримости питательных веществ, %

Показатель	Свиньи в среднем	Растущ. свиньи	Свиноматки, хряки
СЫРОЙ ПРОТЕИН	68,5	67,0	90,0
СЫРОЙ ЖИР	20,0	20,0	20,0
ОРГ. ВЕЩЕСТВО	82,0	78,0	86,0

Содержание витаминов и микроэлементов

КАРОТИН	мг/кг	
ВИТАМИН A	Тыс. МЕ/кг	
ВИТАМИН D		
ВИТАМИН E	мг/кг	
ВИТАМИН K	мг/кг	
ВИТАМИН B_1	мг/кг	
ВИТАМИН B_2	мг/кг	
ВИТАМИН B_3 (НИАЦИН)	мг/кг	
ВИТАМИН B_4	мг/кг	
ВИТАМИН B_5 (ПАНТОТЕНОВАЯ К-ТА)	мг/кг	

Рис. 2. Сформированный системой лист с данными питательности ингредиента.

Поскольку система LaTeX позволяет формировать итоговый документ из нескольких файлов, то было решено каждый ингредиент формировать в отдельном файле. Это добавило определенной гибкости проекту, позволяя управлять порядком следования ингредиентов с последующей сборкой книги без обращения к базе данных.

Заключение

При разработке программы выгрузки использовался объектный подход и, несмотря на то что таблицы с данными были различны, содержали разное количество колонок, разные данные, полученные разными запросами, код программы получился компактным и легко управляемым. Также следует отметить, что все настройки таблиц хранятся в разработанной системе во внешних файлах настройки, в которых отдельно хранится заголовок таблицы, отдельно – конец таблицы, а также параметры заброса к базе данных. Это позволило

управлять форматированием страниц без изменения исходного текста программы выгрузки. Также это расширило функционал системы тем, что для подготовки подобного справочника, но с другими данными, достаточно было заменить каталог настроечных файлов на другой. Таким образом, с помощью этой программы был подготовлен макет книги [3]. При этом разработанная система позволяет после настроек конфигурационных файлов подготовить к выпуску аналогичное справочное руководство и для другого вида животного.

Список литературы

1. Котельников, И.А. LaTeX по-русски / И.А. Котельников, П.З. Чеботаев – 3-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 2004 – 496 с.
2. Борри, Х. Firebird. Руководство разработчика баз данных / Х. Борри. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007 – 1104 с.
3. Панин, И.Г. Методические рекомендации по оптимизации программ кормления свиней / И.Г. Панин [и др.] – М.: ТД ДеЛи, 2019. – 238 с.

Обзор алгоритмов кэширования для использования в самоадаптирующихся контейнерах данных

Д. Р. Потапов, email: potapovd36@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены основные алгоритмы кэширования с целью их применения в адаптивном контейнере данных, который может изменять структуру данных, алгоритм кэширования и размер кэша в зависимости от нагрузки и условий работы контейнера.*

Ключевые слова: *хранение данных, оптимальный контейнер, алгоритмы кэширования.*

Введение

Самоадаптирующиеся контейнеры данных могут быть реализованы путем использования различных структур данных в зависимости от нагрузки и условий работы контейнера [1-4]. Однако наиболее эффективно такие контейнеры могут проявить себя в условиях большого объема данных. В таком случае часть данных хранится в более быстрой памяти, а другая часть – в более медленной памяти или на удаленном источнике. Для приложений, где данные статичны или количество запросов на получение данных намного превышает количество запросов на добавление элементов в хранилище данных, наиболее оптимальным будет использование кэша [5].

Кэш представляет собой набор записей «ключ-значение», расположенный в памяти с большей скоростью доступа, предназначенный для ускорения обращения к данным, расположенным в хранилище данных с меньшей скоростью доступа. Кэширование является эффективным благодаря свойствам локальности ссылок (принципам локальности). Выделяют принцип временной и пространственной локальности. Принцип временной локальности состоит в том, что если в какой-то момент времени конкретная ячейка памяти была запрошена, то вполне вероятно, что на ту же ячейку будут ссылаться снова в ближайшем будущем. Принцип пространственной локальности означает, что если была запрошена некоторая ячейка памяти, то в течении некоторого небольшого промежутка времени с большой вероятностью будет обращение к одной из близлежащих ячеек. Таким образом, используя данные свойства локальности, кэш позволяет хранить данные, к которым скорее всего будет произведено обращение в

© Потапов Д. Р., 2020

ближайшем будущем, что позволяет избежать дополнительных обращений к медленной памяти.

Кэширование применяется как на аппаратном уровне (в процессорах, жестких дисках), так и на программном уровне (в операционных системах, на сетевом уровне (в сетях доставки контента (CDN), системах DNS, сессиях), интернет-приложениях, базах данных, мобильных приложениях, сервисах кэширования в оперативной памяти (Redis, Memcached)).

Помимо выигрыша в производительности при чтении данных, кэш может использоваться и для ускорения записи. Существует две основные политики записи в кэш: отложенная запись [5] и сквозная запись. Однако основной целью кэширования является оптимизация запросов на получение данных, поэтому далее в данной работе рассматривается использование кэша только для чтения. В этом случае данные попадают в кэш при промахе кэша. *Промахом кэша* называется ситуация, когда в кэше не был найден элемент с запрошенным ключом и такой элемент загружается из основного хранилища.

Ситуация, когда элемент с запрошенным ключом присутствует в кэше называется *попаданием в кэш*. Процентное соотношение попаданий в кэш к общему числу запросов называется *уровнем попаданий (hit ratio)* или *коэффициентом попаданий в кэш*.

На практике размер кэша имеет ограничения, и, следовательно, не все необходимые элементы могут быть добавлены в кэш. В таком случае при промахе кэша необходимо решить, нужно ли загружать в кэш запрошенный элемент и какой элемент кэша должен быть замещен. Для решения этой задачи существует большое количество различных алгоритмов кэширования (политик замещения). Эффективность таких алгоритмов в первую очередь оценивается по коэффициенту попаданий в кэш и зависит от многих факторов (размер кэша, программно-аппаратные условия, объем основного хранилища). Можно выделить несколько основных алгоритмов.

1. Семейство политик на основе LRU

LRU (Least Recently Used). При использовании данного алгоритма замещается элемент, к которому дольше всего не было обращений. Данный алгоритм является наиболее используемым в силу своей эффективности близкой к оптимальной. Существует несколько реализаций данного алгоритма, однако все они обладают плохой производительностью. Для того чтобы улучшить производительность и эффективность LRU алгоритма были изобретены различные варианты данного алгоритма:

1. TLRU (Time aware least recently used). Данный алгоритм был разработан для ситуаций, когда элементы в кэше имеют определенное время жизни. Такой алгоритм хорошо подходит для приложений с распределенным кэшем, например, для сетей доставки контента (CDN). В данном алгоритме используется понятие время до использования (Time to Use, TTU), а сам кэш является распределенным по различным узлам. TTU - это временная отметка элемента, которая определяет время использования элемента на основании расположения элемента и данных отправителя элемента. Когда элемент поступает в узел, то для него по специально заданной функции высчитывается TTU. Алгоритм TLRU устроен таким образом, чтобы наименее популярные и небольшие элементы были замещены новыми элементами.
2. PLRU (Pseudo-LRU) – это целое семейство алгоритмов кэширования, которые улучшают эффективность LRU алгоритма, используя приблизительное вычисление возраста элемента вместо точного значения для каждого элемента кэша. Такие алгоритмы используются в основном для кэша процессоров с ассоциативностью больше четырех, т.к. реализация LRU для таких кэшей работает слишком медленно. Наиболее популярными алгоритмами данного семейства являются Tree-PLRU и Bit-PLRU.
3. LRU-K замещает страницу, у которой K-ый по времени доступ с конца является самым давним среди всех элементов. То есть LRU-1 это обычный LRU, а LRU-2 вытесняет страницы в соответствии со временем их предпоследнего доступа.
4. ARC (Adaptive Replacement Cache). При использовании данного алгоритма кэш содержит четыре списка, работающих по алгоритму LRU: T1 хранит элементы, которые были запрошены только один раз, T2 хранит элементы, запрошенные больше одного раза, B1 и B2 хранят только метаданные и содержат историю для списков T1 и T2 соответственно. Изначально элемент попадает в список T1, при повторном обращении в список T2. При нехватке места в списке T1 метаданные элемента, к которому дольше всего не было обращений, помещаются в список B1, аналогично для списков T2 и B2. При этом соотношение между размерами списков T1 и T2 меняется при запросе элемента, находящегося в списке B1 или B2. При попадании в B1 размер списка T1 увеличивается, иначе уменьшается. Таким образом ARC работает лучше, чем LRU (при последовательном сканировании больших объемов данных элементы остаются в кэше списке T2) и лучше, чем LFU (давно неиспользуемые элементы не хранятся в кэше). Несмотря на то, что данный алгоритм работает

медленнее LRU на 10%-15%, коэффициент попаданий в кэш в два раза больше, чем у LRU.

5. 2Q (две очереди). Первая очередь A1 некоторого фиксированного размера работает как FIFO очередь, в нее изначально попадают элементы, вторая очередь Am работает по алгоритму кэширования LRU. При повторном обращении к элементам, которые уже находятся в очереди A1 или Am, данные элементы перемещаются в голову очереди Am. При замещении сначала проверяется кол-во элементов в очереди A1, если оно больше некоторого изначально установленного параметра Kin, то элемент замещается в очереди A1, иначе в очереди Am. Данный алгоритм устойчив к линейному чтению и в среднем является более эффективным чем LRU, однако работает на 25% медленнее. Расход памяти у данного алгоритма аналогичен расходу памяти алгоритма LRU.

6. SLRU (сегментированный LRU). При использовании данного алгоритма кэш-память разделяется на два сегмента – пробный и защищенный. Каждый из них является LRU кэшем. При промахе кэша, элемент добавляется в пробный сегмент, а при повторном попадании в любой сегмент, элемент становится самым новым в защищенном сегменте. При этом может возникнуть переполнение защищенного сегмента и в этом случае дольше всего неиспользованный элемент защищенного сегмента будет перемещен в пробный сегмент в качестве дольше всего неиспользованного. Из кэша вытесняется дольше всего неиспользованный элемент пробного сегмента. Размер защищенного сегмента является параметром кэша, который зависит от условий работы системы ввода-вывода.

7. MQ (Multi queue). Данный кэш содержит m LRU очередей: Q0, Q1, …, Qm-1, а также очередь Qout буфер истории элементов, которые были вытеснены недавно. Он содержит только ключи элементов и количество обращений к ним.

8. При необходимости замещения элемента ведется поиск первой непустой очереди в порядке от Q0 до Qm и ищется элемент в этой очереди согласно алгоритму LRU. Когда находится такой элемент его ключ и количество обращений к нему кладется в конец очереди Qout и удаляется из найденной непустой очереди Qi. Если очередь Qout заполнена, то согласно алгоритму LRU удалится элемент, к которому дольше всего не было обращений.

9. При промахе кэша если ключа заданного элемента нет в очереди Qout, то он попадает в очередь Q0, при повторном обращении элемент из очереди Q0 перемещается в очередь Q1, при 4м

обращении в очередь Q2, при 2n обращении в очередь Qn. Если при промахе кэша ключ элемента находится в очереди Qout, то количество обращений извлекается из очереди Qout и номер очереди вычисляется по правилу log2k, где k – количество обращений.

10. Кроме того, элементы перемещаются между очередями если к ним давно не было обращений, т.е. если за последние N запросов (N - параметр кэша) элемент из очереди Qi не запрашивался, то данный элемент должен быть перемещен в очередь Qi-1.

11. BIP (Bimodal Insertion Policy). При использовании данной политики используется LRU кэш с добавлением элементов по определенному правилу. Параметром данного алгоритма является некоторое небольшое число. Для каждого элемента, поступающего в кэш, генерируется случайное число . Если случайное число меньше параметра, то элемент добавляется в LRU кэш как последний использованный элемент, иначе как неиспользованный дольше всех. В некоторых случаях данный алгоритм работает лучше, чем LRU, а в некоторых гораздо хуже.

12. DIP (Dynamic Insertion Policy) является комбинацией LRU и BIP политик. Кэш разбивается на несколько множеств, часть из которых всегда работает согласно политике LRU, часть по политике BIP, а оставшиеся множества переключаются между LRU и BIP. Переключение между этими политиками происходит на основании количества промахов – если в множествах, работающих всегда по алгоритму LRU промахов меньше, то переключающиеся множества начинают работать по LRU алгоритму, иначе по BIP.

2. Политика MRU

MRU (Most Recently Used) – в отличии от LRU вытесняется последний использованный элемент. Согласно исследованиям, такая политика замещения хорошо проявляет себя при случайных схемах обращения и повторяющихся сканированиях над большими данными.

3. Политика LIRS

LIRS (Low Inter-reference Recency Set). Данная политика учитывает две характеристики для каждого элемента кэша x: IRR(x) (Inter-Reference Recency) – количество элементов, к которым обращались между двумя последними обращениями к элементу x и R(x) (Recency) – количество уникальных обращений к кэшу после последнего обращения к элементу x. Весь кэш разделяется на два раздела: первый раздел (порядка 99% от размера кэша) хранит элементы с небольшим расстоянием повторного использования LIR (Low IRR) и второй раздел, который хранит элементы с большим расстоянием повторного

использования HIR (High IRR). При этом HIR элемент может быть нерезидентным, то есть хранить только метаданные (IRR и R). Последние запрошенные элементы хранятся в очереди S, это могут быть как LIR, так и HIR элементы, при этом в конце очереди всегда располагается LIR элемент. Все резидентные HIR элементы хранятся в очереди Q.

1. Пока LIR раздел не заполнен все запрошенные блоки получают LIR статус, после этого все элементы, запрошенные первый раз или которых нет в очереди S (были запрошены слишком давно), получают статус HIR блока и помещаются в голову очереди S. При запросе блока, находящегося в кэше возможны три ситуации:
2. Запрошен элемент со статусом LIR. В этом случае элемент помещается в голову очереди S. Если этот элемент был в конце очереди S, то все HIR элементы очереди до предыдущего LIR элемента будут удалены из очереди S.
3. Запрошен резидентный HIR элемент. Элемент помещается в голову очереди S. При этом если он уже был в очереди S, то статус меняется на LIR и удаляется из очереди Q, а LIR элемент, который был в конце списка S помещается в конец очереди Q со статусом HIR и все HIR элементы очереди до предыдущего LIR элемента будут удалены из очереди S. Если запрошенного элемента не было в очереди S, то элемент перемещается в конец очереди Q.
4. Запрошен нерезидентный HIR элемент. Это означает, что элемента нет в кэше. В этом случае удаляется резидентный HIR элемент, находящийся в голове очереди Q (он становится нерезидентным) и в голову очереди S загружается запрошенный элемент. При этом если запрошенный элемент уже был в очереди S, то его статус меняется на LIR, а LIR элемент, который был в конце списка S помещается в конец очереди Q со статусом HIR и все HIR элементы очереди до предыдущего LIR элемента будут удалены из очереди S. Если элемента не было в очереди S, то элемент добавляется в конец очереди Q.

4. Семейство политик на основе LFU

LFU (Least frequently used). Данный алгоритм подсчитывает сколько раз был запрошен каждый элемент кэша и вытеснен будет элемент, к которому обращались меньше всего раз. У данного алгоритма существует несколько модификаций:

1. LFRU (Least frequent recently used) – объединение LRU и LFU политик.
2. LFUDA (LFU with dynamic aging) - модификация LFU с динамическим устареванием элементов. Для каждого элемента при добавлении в кэш или повторном обращении вычисляется ключ

замещения по формуле $replacementKey = N + C$, где N – количество обращений к этому элементу, C – коэффициент возраста кэша, который обычно равняется $replacementKey$ последнего вытесненного объекта (или нулю, если такого элемента еще не было). Вытесняется элемент с наименьшим $replacementKey$. Использование такой политики позволяет избежать заполнения кэшем элементами, к которым изначально было много обращений, а потом мало.

5. Политика RR

RR (Random replacement). При использовании такой политики кандидат для вытеснения выбирается случайно.

6. Политика LIFO

LIFO (Last in first out). Данный алгоритм работает аналогично алгоритму стека. Первым будет вытеснен элемент, который был последним добавлен в кэш.

7. Политика FIFO

FIFO (First in first out). Данный алгоритм работает аналогично алгоритму очереди. Первым будет вытеснен элемент, который был первым добавлен в кэш. Однако этот алгоритм для большинства тестов показывает плохие результаты, поэтому была разработана модификация *Second chance*. Для каждого элемента кэша добавляется бит «второго шанса», который изначально выставляется в ноль. При обращении к элементу бит устанавливается в единицу. Кандидаты на вытеснение также выбираются по алгоритму FIFO, однако если у кандидата бит «второго шанса» равен единице, то элемент отправляется в конец очереди, иначе вытесняется из очереди.

8. Семейство политик на основе CLOCK

CLOCK. Данный алгоритм является модификацией алгоритма Second chance, в которой элементы не перемещаются в конец очереди при сбросе бита «второго шанса», а связаны в циклический список, что позволяет улучшить производительность. CLOCK имеет несколько модификаций:

1. GCLOCK использует счетчик количества запросов элемента вместо одного бита.
2. Clock-Pro аналогично CLOCK элементы связаны в циклический список, однако часть элементов хранится в кэше, а часть хранят историю и содержат только метаданные. Элементы в кэше делятся на «холодные» и «горячие» на основании частоты их использования и хранят дополнительный бит обращения, который показывает было ли

обращение к элементу в течении некоторого времени. Данный алгоритм использует три различных указателя на основной список – $Hand_{hot}$ (указатель на список, состоящий только из «горячих» элементов), $Hand_{cold}$(указатель на список, состоящий только из «холодных» элементов) и $Hand_{test}$(указатель на элементы истории, хранящие только метаданные). При необходимости вытеснения идет поиск среди «холодных» элементов с использованием указателя $Hand_{cold}$. Если у элемента бит обращения выставлен, то данный элемент отправляется в список «горячих» элементов (при этом из «горячих» элементов также возможно вытеснение в «холодные» первого элемента с неустановленным битом обращения) и поиск продолжается дальше. Если бит обращения для этого элемента не выставлен, то элемент отправляется в список элементов истории (в котором также возможно вытеснение элемента, на который указывает $Hand_{test}$), а новый элемент добавляется в «холодные», если его не было в истории, и в «горячие», если был. Результаты тестирования показывают, что для некоторых нагрузок данная политика имеет лучшую производительность, чем CAR.

3. CAR (Clock with Adaptive Replacement). Политика, которая работает аналогично ARC, однако списки T_1 и T_2 работают по алгоритму CLOCK, что позволяет избежать некоторых недостатков LRU алгоритма.

9. Политика NFU

NFU (Not frequently used). При использовании данной политики каждый элемент имеет счетчик, изначально выставленный в ноль. С определенным интервалом происходит добавление одного бита ко всем счетчикам. К счетчику элемента добавляется бит выставленный в единицу, если за этот временной интервал было обращение к элементу и бит, выставленный в ноль, если не было. Вытесняться будет элемент с наименьшим счетчиком. Основным недостатком данного алгоритма является то, что если элемент много раз запрашивался в прошлом, а сейчас вообще не запрашивается, то он всё равно будет оставаться в кэше. Для решения этой проблемы была разработана модификация данного алгоритма под названием Aging. Такая политика вытеснения подразумевает битовый сдвиг справа счетчиков перед добавлением нового бита. Таким образом, обращения к элементам кэша, которые происходили ближе к настоящему времени имеют больший приоритет, чем обращения, происходившие давно.

10. Политика NRU

NRU (Not recently used). При использовании данного алгоритма каждый элемент кэша имеет два бита – R (referenced) и M (modified). Изначально оба бита выставлены в ноль. Бит R устанавливается при любом обращении к элементу (на чтение или на запись), бит M устанавливается только при записи. Периодически бит R для всех элементов кэша сбрасывается в ноль, что позволяет отделить те элементы, к которым были обращения давно от тех, к которым обращались недавно. Когда необходимо вытеснить элемент, весь кэш разделяется на четыре класса:

4. Бит M = 1 и R = 1;
5. Бит M = 0 и R = 1;
6. Бит M = 1 и R = 0;
7. Бит M = 0 и R = 0;

Элемент для вытеснения выбирается из первого непустого класса начиная снизу.

Заключение

Помимо перечисленных выше общих алгоритмов кэширования, применимых в разных условиях и системах, существуют алгоритмы, специально разработанные для определенных устройств и приложений. Это специализированные политики замещения, применяемые в процессорах (семейство PLRU алгоритмов и их модификаций, кэш прямого отображения, N-канальная ассоциативность, H-NMRU и другие) и жестких дисках (Clean first LRU (CFLRU), Flash Aware Buffer policy (FAB), DUal LOcality (DULO), Block Padding Least Recently Used (BPLRU), Large Block CLOCK (LB-CLOCK), Lazy Adaptive Replacement Cache (LARC) и другие). Также существует большое количество алгоритмов, применяемых в веб-приложениях и распределенных системах Greedy Dual Size (GDS), SIZE и их различные модификации, Weighting Size and Cost Replacement Policy (WSCRP), Least Relative Value (LRV), LNC-R-W3-U, Least Unified Value (LUV), Logistic Regression Algorithm (LR), Size-Adjusted LRU (SLRU), Hybrid и Mix политики, алгоритмы с использованием нечеткой логики и искусственного интеллекта и др. Кроме того, используется политики замещения для кэширования мультимедиа (Chunk-based Caching algorithm (CC), Quality-based video Caching algorithm (QC)), Pareto-based Least Frequently Used algorithm (PLFU), Pareto-based Least Recently Used algorithm (PLRU), Segment-Based Proxy Caching of Multimedia Streams, xLRU, Cafe Cache, gLRU и другие.

Однако несмотря на многообразие политик кэширования, на данный момент не существует универсального алгоритма, который был

бы оптимальным при любой нагрузке и в любых условиях работы контейнера. Следовательно, существует необходимость в адаптивном алгоритме кэширования, который бы реагировал на изменение нагрузки и других параметров.

Список литературы

1. Potapov, D.R. Multidimensional data structures usage in adaptive data storages / D.R. Potapov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1202. – 012020.

2. Потапов, Д. Р. Обзор условий адаптации самоадаптирующихся ассоциативных контейнеров данных / Д. Р. Потапов, М.А. Артемов, Е.С. Барановский // Вестник ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – №1. – С. 112-119.

3. Потапов, Д. Р. Обзор методов построения многомерных контейнеров данных «ключ-значение» для использования в самоадаптирующихся контейнерах данных / Д.Р. Потапов // Прикладная информатика. – 2018. – №2(74). – С. 69-82.

4. Обзор методов построения контейнеров данных «ключ-значение» для использования в самоадаптирующихся контейнерах данных / Потапов Д. Р. [и др.] // Кибернетика и программирование. – 2017. – №5. – С. 14-45.

5. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум. – Спб. : Питер, 2016. – 816 с.

Унифицированный язык описания структур

Е. А. Рубцов, email: rea@inistek.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), кафедра 319

Аннотация. *В работе предложен унифицированный язык описания структур различных объектов. Описана структура языка, приведены примеры использования.*

Ключевые слова: *структура, система, язык описания структур, модели данных, анализ данных.*

Введение

Структура – упорядоченная совокупность внутренних связей некоторого объекта, основная характеристика системы, ее инвариантный аспект [1]. Унификация – приведение к единообразию, к единой форме или системе [2]. Язык – знаковая система произвольной природы, посредством которой осуществляется человеческое общение на различных уровнях коммуникации и трансляции, включая операции мышления, приобретения, хранения, преобразования и передачи сообщений (сигналов, информации, знаний) и связанные процессы [3]. Унифицированное описание структур различных объектов может оптимизировать процессы обработки и передачи информации, связанной с этими объектами [4]. В данной работе предложен язык унифицированного описания структур различных объектов.

1. Основные положения

В основе языка лежат несколько основных положений:

1. Любой объект может иметь одну или несколько структур.
2. Структура описывается при помощи одной или нескольких формул.
3. Формула записывается слева направо.
4. Любая формула начинается с символа атомарного элемента.
5. Каждый следующий символ обозначает либо группу однородных элементов, обозначенных предыдущим символом, либо группу разнородных элементов, каждый из которых обозначен одним из расположенных слева символов.
6. Каждый символ формулы обозначает элемент структуры.

© Рубцов Е.А., 2020

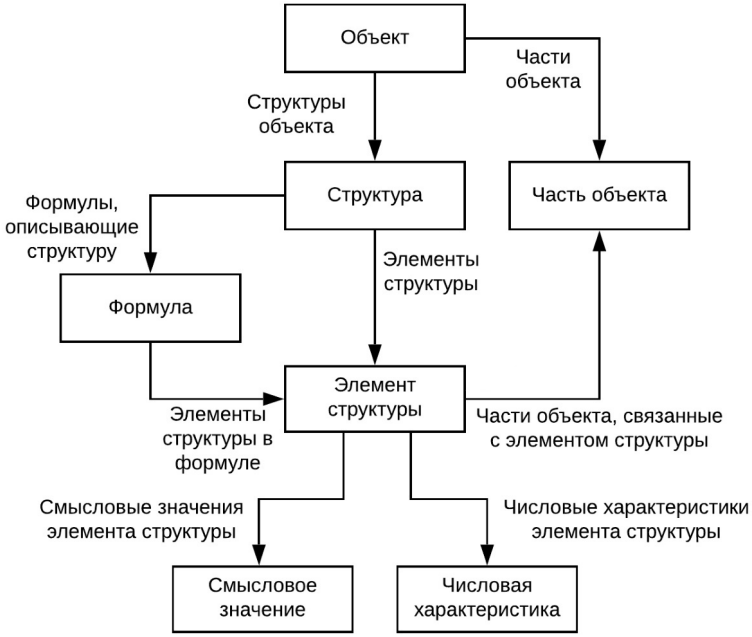


Рис. 1. Структура языка

7. Каждому элементу структуры могут соответствовать несколько компонентов/частей/составляющих объекта.

8. Существует три уровня описания структуры: описание уникальной структуры, описание общей структуры, описание метаструктуры.

9. Описание уникальной структуры – описание структуры конкретного объекта. Содержит формулу структуры, смысловое значение каждого элемента структуры и числовые характеристики, связанные с элементами структуры.

10. Описание общей структуры – описание структуры группы объектов. Содержит формулу структуры и смысловое значение каждого элемента структуры.

11. Описание метаструктуры – описание структуры объектов из нескольких групп. Содержит только формулу структуры.

12. В уникальном описании у каждого элемента структуры могут быть следующие числовые характеристики: присутствующие в объекте размеры компонентов/частей/составляющих объекта (Р), количество различных компонентов/частей/составляющих объекта (КР), количество

общее компонентов/частей/составляющих объекта (КО), связанных с данным элементом структуры. Если у всех элементов структуры КР совпадает с КО, то вместо двух показателей может быть записан только один: количество (К).

13. Пустые множества и списки с нулевой длиной трактуются как атомарные элементы.

14. В уникальном и общем описании смысловые значения указываются для каждого элемента структуры.

15. Для одного элемента структуры может быть указано несколько смысловых значений.

16. Название объекта, формула структуры, смысловые значения и числовые характеристики элементов структуры записываются в виде специальной таблицы.

Структура языка отображена на рис. 1 (диаграмма Бахмана [5]). В табл. 1 отображены уровни описания структуры.

Таблица 1

Уровни описания структуры

	Формула	Смысл	Числа
Описание уникальной структуры	V	V	V
Описание общей структуры	V	V	
Описание метаструктуры	V		

Для описания элементов структуры в рамках предлагаемого языка используется несколько символов, отображенных в табл. 2.

Таблица 2

Используемые символы

а	атомарный элемент
с	список однородных элементов
м	множество однородных элементов
с	список разнородных элементов
м	множество разнородных элементов
x_n	элемент с фиксированным размером, где x = {с, м, *с*, *м*}

Примеры формул отображены в табл. 3. Примеры краткой записи формул отображены в табл. 4.

Таблица 3

Примеры формул

ас	список атомарных элементов
ам	множество атомарных элементов
асс	список списков атомарных элементов
амм	множество множеств атомарных элементов
амс	список множеств атомарных элементов
асм	множество списков атомарных элементов
ас*с*	список атомарных элементов и списков атомарных элементов
ам*м*	множество атомарных элементов и множеств атомарных элементов
ам*с*	список атомарных элементов и множеств атомарных элементов
ас*м*	множество атомарных элементов и списков атомарных элементов

Таблица 4

Краткая запись формул

$ас^{7}$ = ассссссс
$ам^{5}$ = аммммм
$а(см)^{2}$ = асмсм

2. Описание уникальной структуры

На рис. 2 приведен пример предлагаемой в рамках языка специальной таблицы, описывающей уникальную структуру объекта.

В первой строке таблицы отображается название объекта (ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [6]). В следующей строке отображается длина формулы (6), сама формула (аccссс) и заголовки колонок (К – количество, Р – размеры). Далее в каждой строке отображается символ, обозначающий элемент структуры, его смысловое значение, количество частей объекта, связанных с ним и размеры этих частей в формате NxM, где N – размер, M – количество частей объекта с таким размером. Если в объекте существует только одна часть с таким размером, то указывается только размер: N. Порядок элементов структуры (сверху-вниз) совпадает с порядком символов в формуле (слева-направо).

3. Описание общей структуры

На рис. 4 приведен пример таблицы, описывающей общую структуру группы объектов.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207–2010													
б	а	с	с	с	с	с					К	Р
а	задача										405	
с	вид деятельности										123	1×31 2×28 3×22 4×9 5×14 6×8 7×5 8×3 9 13 17
с	процесс										43	0 1×10 2×11 3×8 4×4 5×4 6×4 7
с	группа процессов										7	2 3 5 7×2 8 11
с	категория процессов										2	3 4
с	ГОСТ										1	2
5	а	с	с	с	с						К	Р
а	подраздел										71	
с	раздел										32	0×19 1 2 3×3 4 5×2 7×2 8 11 12
с	глава, приложение										14	0×4 2×2 3×5 4×2 5
с	часть										2	7×2
с	ГОСТ										1	2

Рис. 2. Описание уникальной структуры

В первой строке таблицы на отображается название объекта (СТИХОТОВОРЕНИЕ). В следующей строке отображается длина формулы (5), сама формула (асссс). Далее в каждой строке отображается символ, обозначающий элемент структуры и его смысловое значение. Числовые характеристики в описании структуры отсутствуют.

СТИХОТВОРЕНИЕ										
5	а	с	с	с	с					
а	буква									
с	слово									
с	стих									
с	строфа									
с	стихотворение									

Рис. 3. Описание общей структуры

4. Описание метаструктуры

На рис. 4 приведен пример таблицы, описывающей метаструктуру нескольких групп объектов.

ТЕКСТОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ
ac^n

Рис. 4. Описание метаструктуры

В первой строке таблицы на отображается название объекта (ТЕКСТОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ). В следующей строке отображается формула. Смысловые значения и числовые характеристики элементов структуры в описании отсутствуют.

5. Описание структуры моделей данных

В этом разделе будут представлены описания структуры пяти моделей данных: сетевая модель [5], реляционная модель [7], модель множества сущностей [8], модель сущность-связь [9], многомерная модель [10]. Таблицы с описанием общей структуры каждой модели отображены на рис. 5-9.

СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ										
4	а	м	c_2	м						
а	сущность									
м	класс сущностей									
c_2	класс множеств									
м	множество классов множеств									

Рис. 5. Описание общей структуры сетевой модели данных

РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ										
4	а	м	с	м						
а	значение									
м	домен									
с	отношение									
м	множество отношений									

Рис. 6. Описание общей структуры реляционной модели данных

МОДЕЛЬ МНОЖЕСТВА СУЩНОСТЕЙ										
4	а	м	с	м						
а	сущность									
м	множество сущностей									
с	тип описания сущности									
м	множество типов описания сущностей									

Рис. 7. Описание общей структуры модели множества сущностей

МОДЕЛЬ СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ										
4	а	м	с	м						
а	сущность									
м	класс сущностей									
с	класс связей									
м	множество классов связей									

Рис. 8. Описание общей структуры модели сущность-связь

МНОГОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ										
4	а	м	с	м						
а	запись из таблицы фактов									
м	множество записей из таблицы фактов, связанных с одним значением одного измерения									
с	измерение									
м	множество измерений									

Рис. 9. Описание общей структуры многомерной модели данных

От описания общих структур моделей данных можно перейти к описанию метаструктуры моделей данных. Результат такого перехода показан на рис. 10.

От описания метастуктуры моделей данных можно перейти к описанию общей структуры предлагаемого языка описания структур. Результат такого перехода показан на рис. 11.

МОДЕЛЬ ДАННЫХ
амсм

Рис. 10. Описание метаструктуры моделей данных

УНИФИЦИРОВАННЫЙ ЯЗЫК ОПИСАНИЯ СТРУКТУР	
4 а м с м	
а	часть объекта
м	элемент структуры
с	формула
м	множество формул

Рис. 11. Описание общей структуры предлагаемого языка описания структур

От описания общей структуры сетевой модели данных можно перейти к описанию уникальной структуры сетевой модели, отображенной на рис. 1. Результат такого перехода показан на рис. 12.

СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ УНИФИЦИРОВАННОГО ЯЗЫКА ОПИСАНИЯ СТРУКТУР			
4 а м c_2 м К Р			
а	сущность		
м	класс сущностей	7	
c_2	класс множеств	8	2×8
м	множество классов множеств	1	8

Рис. 12. Описание структуры сетевой модели (рис. 1)

Заключение

Был предложен унифицированный язык описания структур различных объектов, позволяющий описывать уникальную структуру объекта, общую структуру группы объектов и метаструктуру нескольких групп объектов. Были изложены основные принципы языка и приведены примеры его использования.

Список литературы

1. Гуманитарная энциклопедия [Электронный ресурс]: структура. – Режим доступа: https://gtmarket.ru/concepts/7096/

2. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс] : Современная энциклопедия. 2000. Унификация. – Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p/49350/

3. Гуманитарная энциклопедия [Электронный ресурс] : язык. – Режим доступа: https://gtmarket.ru/concepts/7076/

4. Рубцов, Е. А. Об одном подходе к описанию информационных структур / Е. А. Рубцов // Сб. тр. участников XVIII Межд. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2018), 7 том (Воронеж, 8-9 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 64-69.

5. Bachman, C.W. Data structure diagrams / C.W. Bachman // ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems. – Summer 1969. – Volume 1, Issue 2. – pp 4-10.

6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – Введ 2010-11-30. – М. : Стандартинформ, 2011.

7. Codd, E.F. A relational model of data for large shared data banks / E.F. Codd // Communications of the ACM. – June 1970. – Volume 13, Issue 7. – pp 377–387.

8. Senko, M.E. Data structures and accessing in data-base systems. / M.E. Senko, E.B. Altman, M.M. Astrahan, P.L Fehder // IBM Systems Journal. – March 1973. – Volume 12, Issue 1 – pp 30-93.

9. Chen, P. P. The Entity-Relationship Model – Toward A Unified View of Data / P. P. Chen // Papers from the international conference on very large databases, Volume 1 Issue 1 (Framingham, 22–24 September 1975). – Framingham, 1975. – pp 9-36.

10. Codd, E.F. Providing OLAP (on-line analytical processing) to user-analysts: an IT mandate / E.F. Codd, S.B.Codd, C.T. Salley; Codd & Date, Inc, 1993. – 26 p.

Адаптируемая автоматизированная информационная система для медицинских центров

А. Б. Саттаров, email: mastrew9129@gmail.com [1]
А. А. Абдурахманов, email: abba1963@mail.ru [1]
Д. Р. Гулямова, email: gulyamova1007@mail.ru [1]

[1] Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий

Аннотация. *Автоматизированная система управления медицинских центров предназначена для совершенствования существующих информационных связей в сфере здравоохранение с применением новых средств и методов управления, интеграции и автоматизации управленческие деятельности медицинских центров. Основными целями создания системы являются повышение качества информационного обеспечения работников медицинских центров на основе внедрения современных технологий автоматизированная система управления медицинских центров, интегрированных со средствами реализации политики информационной безопасности.*

Ключевые слова: *Система, автоматизированная система управления, медицинские центры, медицинская система, автоматизация, модуль, медицинская карта пациента.*

Введение

Сегодня трудно представить себе любую отрасль без информационных технологий. Однако, обращаясь за медицинской помощью в частную или государственную клинику, мы часто сталкиваемся с бумагой, ручкой и толстыми амбарными книгами для ведения журналов. Приходится ждать минут по 10-15, наблюдая как регистратор заполняет все необходимые формы, согласия и договора. После консультации врач выдает клочок бумаги, где неразборчивым почерком перечислены рекомендации. Истории болезни существуют ради того, чтобы использовать для анализа горы бумажной документации практически невозможно. Картина может варьироваться от клиники к клинике, за счет автоматизации отдельных этапов процесса, однако общая картина остается прежней - единой медицинской информационной системой (МИС) обладают единицы, поэтому большинство руководителей не обладает достаточной информацией для эффективного управления клиникой.

© Саттаров А. Б., Абдурахманов А. А., Гулямова Д. Р., 2020

Анализируя состояние разработки МИС показывает, следует отметить, что они разработаны в различных программных средах и базы данных. В тоже время существенным является разработку систем на базе свободно распространяемых программных продуктов. Анализ состояния разработки МИС также показывает, что у лечебных учреждений есть потребности, связанные с автоматизацией их деятельности, а также интерес к анализу медицинских данных и их автоматизированной обработки с целью использования их для научных исследований.

Медицинские центры за годы работы накапливают огромное количество специализированных данных. Эта ценнейшая информация для научных исследований часто не используется или если используется, то не полностью. Обрабатывать ее вручную – это долгий кропотливый труд, который затрудняет анализ и не может обеспечить точного результата. Современные технологии предлагают новые возможности для развития медицинской науки. Все записи, которые вводятся в систему врачами, лаборантами и другими сотрудниками медицинских учреждений, хранятся в формализованном виде в специальных таблицах. В таком виде информация наиболее доступна для врачей и научных исследований.

1. Основная часть

Автоматизированная система управления медицинских центров предназначена для совершенствования существующих информационных связей в сфере здравоохранение с применением новых средств и методов управления, интеграции и автоматизации управленческие деятельности медицинских центров. В этом система должен имеет следующих возможности:

- учет движения пациентов, обратившихся в медицинском центре;
- автоматизация повседневной деятельности врача и медсестры;
- учёт предоставляемых медицинских услуг;
- обеспечение более эффективного контроля за движением лекарственных препаратов, инструментария и расходных материалов, находящихся в аптечной базе клиники;
- ведение информации о стоимости услуг и медикаментов;
- бухгалтерского учета количества и стоимости медицинских услуг, оказанных пациенту (с возможностью просмотра всей финансовой истории пациента).
- расход материальных средств и медикаментов
- получение статистической отчетности по финансовой деятельности медицинских центров

В рамках реализации задач создания системы, автоматизации подлежит деятельность следующих структурных подразделений медицинских центров:

1. Регистратура.
2. Приемное отделение.
3. Кабинет врача и лаборатория.
4. Стационар.
5. Бухгалтерия.
6. Аптека.
7. Склад.
8. Кабинет администратора.

Основными целями создания системы являются повышение качества информационного обеспечения работников медицинских центров на основе внедрения современных технологий автоматизированная система управления медицинских центров, интегрированных со средствами реализации политики информационной безопасности.

Врачи, медицинские сестры, руководители, сотрудники ИТ-отделов, финансовых, бухгалтерских и кадровых служб должны активно использовать медицинские информационные системы. Основные направления применения автоматизированная система управления медицинских центров:

1. комплексная автоматизация всех процессов наблюдения, диагностики и лечения амбулаторных и стационарных пациентов

2. эффективное управление персоналом, ресурсами и финансово-экономической деятельностью медицинских центров, автоматизация медико-статистического контроля и планирования;

3. однократный ввод информации в электронную историю болезни (электронную медицинскую карту) пациента с последующим многократным использованием этих сведений и поддержкой принятия врачебных решений;

Для реализации этих целей необходимо осуществить:

- учет движения пациентов, обратившихся в медицинских центрах;
- учет врачей и расписание работы;
- календарь приёмов;
- учет оплаты по каждому пациенту;
- учёт предоставляемых медицинских услуг;
- автоматизация повседневной деятельности врача и медсестры, в том числе врачей стационара;

- обеспечение более эффективного контроля за движением лекарственных препаратов, инструментария и расходных материалов, находящихся в аптечной базе клиники;
- ведение информации о стоимости услуг и медикаментов;
- учет материалов;
- бухгалтерского учета количества и стоимости медицинских услуг, оказанных пациенту (с возможностью просмотра всей финансовой истории пациента);
- расход материальных средств и медикаментов;
- обеспечение обновления классификаторов и справочников базы данных;
- получение статистической отчетности о деятельности медицинских центров за заданный период;
- разработку системы ведения архивного дела;
- разработку политики безопасности, конфиденциального доступа к данным.

Разрабатываемая система должна:

- быть открытой, гибкой и адаптируемой к изменениям внешних условий (например, изменению нормативной базы или общего законодательства), что обеспечит снижение затрат на ее поддержку и сопровождение;
- обеспечивать выполнение всех функций, приведенных далее в разделе 5 настоящего документа;
- функционировать в архитектуре клиент-сервер;
- допускать эволюционный характер создания и последующего развития путем постепенного наращивания функций;
- создаваться по модульному принципу, позволяющему легко расширять функциональность системы;
- обладать открытым API для возможной интеграции с другими системами, функционирующими в медицинских центрах;
- функционировать в единой информационной сети государственных структур.

Заключение

Исходя из важности обеспечения защиты информации, многие медицинские учреждения регулируют порядок обработки конфиденциальной информации собственными руководящими документами, разработанными с учетом требований законодательства, а также специфики ведомства.

Кроме того, база данных медицинской информационной системы содержит критически важную информацию, от которой, зачастую, может зависеть жизнь человека, следовательно, ключевым

фактором при создании МИС должно стать обеспечение целостности и сохранности данных, возможности слежения за состоянием системы и ее защищенностью. Особое внимание должно уделяться разделению доступа пользователей МИС к различным фрагментам данных и защите информации от несанкционированного доступа, а также от утраты и искажения данных.

Обеспечение заданного уровня информационной безопасности определяется тремя векторами — конфиденциальностью, целостностью и доступностью данных. В зависимости от возрастания уровня каждого из них, соответственно уменьшаются остальные. Так, добиваясь легкости доступа пользователя МИС к данным, приходится в какой-то степени жертвовать конфиденциальностью и целостностью. И наоборот, условие соблюдения конфиденциальности и целостности влечет за собой усложнение обращения пользователя с информацией. В то же время, повышение уровня безопасности вызывает необходимость возрастания всех этих составляющих, что в свою очередь может негативно сказаться на скорости и надежности работы программного обеспечения. Таким образом, простое следование правилам работы со сведениями ограниченного распространения может парализовать работу ЛПУ в условиях ведения электронной истории болезни.

Современные технологии предлагают множество различных решений проблемы безопасности конфиденциальной информации, основанные на тех или иных механизмах и так или иначе смещенные в сторону того или иного составляющего вектора. Для определения оптимума уровня информационной безопасности необходимо четко представлять степень взаимодействия всех ее составляющих и влияния их на работу конечного пользователя МИС. Вместе с тем следует учитывать применимость того или иного решения в конкретной ситуации функционирования информационной системы.

Необходимо также принимать во внимание, что медицинская информация имеет ряд особенностей по сравнению с другими видами конфиденциальной информации.

Таким образом, построение адекватной схемы защиты данных в каждом конкретном случае является поиском компромисса с учетом специфики работы МИС ЛПУ как системы массового обслуживания. Обеспечением защиты данных в медицинской информационной системе занимается подсистема информационной безопасности (ПИБ).

Список литературы

1. Кудрина В.Г., Андреева Т.В., Дзеранова Н.Г. Эффективность обучения медицинских работников информационным технологиям. Москва: ИД "Менеджер здравоохранения", 2013. - 248 с.

2. Г.И.Назаренко, Я.И.Гулиев, Д.Е.Ермаков. Медицинские информационные системы: теория и практика. – М.; ФИЗМАТЛИТ, 2005.

3. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management. — 3-еизд. — М.:Вильямс, 2003.

4. Томсон Лаура. Разработка Web-приложений на PHP и MySQL: Пер. с англ./Лаура Томсон, Люк Веллинг. — 2-е изд., испр. — СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2002. — 672 с.

5. Юсупов Р.М., Заболотский В.П. Научно-методологические основы информатизации. – СПб.: Наука, 2000. -455 с.

Механизм проверки решений в интерактивном сервисе поддержки обучения языку SQL

В. А. Смирнова, e-mail: vitalija-smirnova@rambler.ru
М. В. Матвеева, e-mail: marie.matveeva@gmail.com

«Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В статье приводится механизм проверки решений в интерактивном web-приложении, поддержки обучения языку SQL. В ходе работы был проведен анализ структуры интерактивного сервиса и выделена необходимая функциональность приложения. На основе проведенного анализа спроектирована часть базы данных web-приложения, предназначенная для составления и генерации заданий на языке SQL.*

Ключевые слова: *база данных, SQL, проверка решений, сервис поддержки обучения языку SQL.*

Введение

Существует множество сервисов, направленных на изучение языка SQL. В большинстве случаев такие сервисы включают в себя возможность самостоятельно написать операторы, которые должны вернуть или изменить данные, требуемые заданием. Такой подход является актуальным как для желающих приобрести или повысить знания, так и для преподавателей, которые могут использовать подобные средства для проверки уровня знаний студентов.

Многие из существующих сервисов имеют ряд недостатков, например, отсутствует возможность формирования индивидуальных заданий. Так как в большинстве из них используются фиксированные группы заданий. Одинаковые задания, выданные на группу студентов, не дадут объективной оценки уровня знаний каждого из студентов.

Из чего возникла необходимость в создании сервиса, позволяющего создавать индивидуальные задания для каждого из студентов и проверять решения, предложенные студентом.

1. Анализ типовых заданий и решений

Проанализировав темы и задания, изучаемые в ВГУ на факультете ПММ на специальности прикладная информатика в юриспруденции, по языку SQL, был составлен список тем, а также, были выявлены типовые

© Смирнова В.А., Матвеева М.В., 2020

задания и типовые решения для соответствующих заданий. Некоторые из них приведены в табл. 1.

Таблица 1

Темы, типовые задания и типовые решения

Тема	Типовое задание	Типовое решение
SELECT *	Выбрать все данные о [таблица].	SELECT * FROM [таблица].
WHERE + BETWEEN	Напишите запрос, выводящий все данные о [таблица], с id входящим в множество [число].	SELECT * FROM [таблица] WHERE [атрибут] BETWEEN [число] AND [число].
CASE	Выбрать [атрибут], и если есть [атрибут], то [функция агрегирования].	SELECT [атрибут], CASE (WHEN [атрибут] THEN [атрибут] ELSE [функция агрегирования] END) FROM [таблица].
GROUP BY + HAVING	Выбрать [атрибут]. В результат включить только те [атрибут], количество которых [знак сравнения] [число].	SELECT [атрибут] FROM [таблица] GROUP BY [атрибут] HAVING COUNT([атрибут])[знак сравнения][число].
Декартово произведение	Для каждого [атрибут] вывести все [атрибут].	SELECT [атрибут], [атрибут] FROM [таблица] CROSS JOIN [таблица].

2. Формирование заданий и проверка решений

Используя один и тот же список типовых заданий, добиться необходимого количества вариантов заданий можно за счет использования индивидуальных моделей данных. На вход поступает готовая схема базы данных в виде скрипта, ее в систему загружает преподаватель. Сервис генерирует набор заданий по схеме, используя список тем и шаблоны типовых заданий по каждой теме.

Сгенерированные задания поступают в текстовом формате студенту. Студент отправляет SQL-скрипт с решением на сайте, и они проходят проверку на структурирование текста решений и соответствие типовым решениям. Структура интерактивного сервиса представлена на рис. 1.

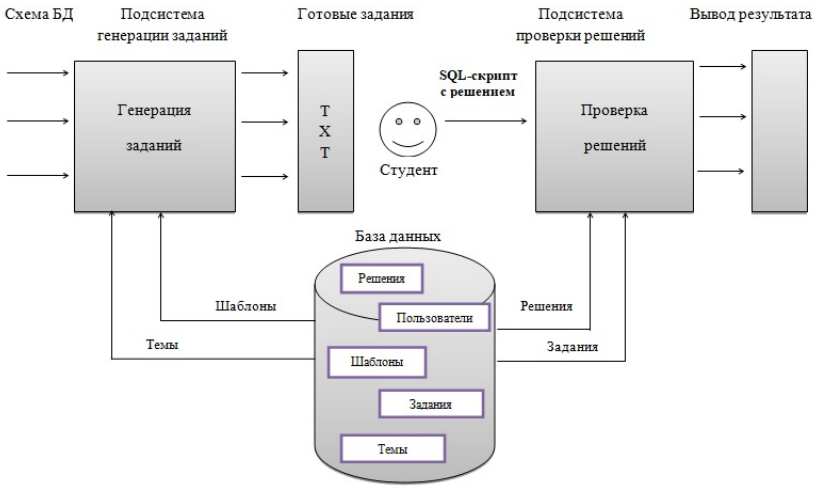


Рис. 1. Общая структура интерактивного сервиса

3. Функциональность приложения

Оценив общую структуру интерактивного сервиса, была выделена необходимая функциональность приложения:

1. предоставление возможности студенту выбрать из списка доступных на сервисе заданий;
2. предоставление преподавателю права выбрать список тем заданий для студента;
3. генерация индивидуальных заданий для студентов;
4. возможность создавать, изменять и удалять преподавателям темы, задания и решения на сервисе;
5. поддержка в образовательной программе оператора SELECT;
6. поддержка операторов модификации данных: INSERT, UPDATE, DELETE;
7. сохранение пользовательского варианта решения заданий.

Функциональность приложения представлена на рис. 2.

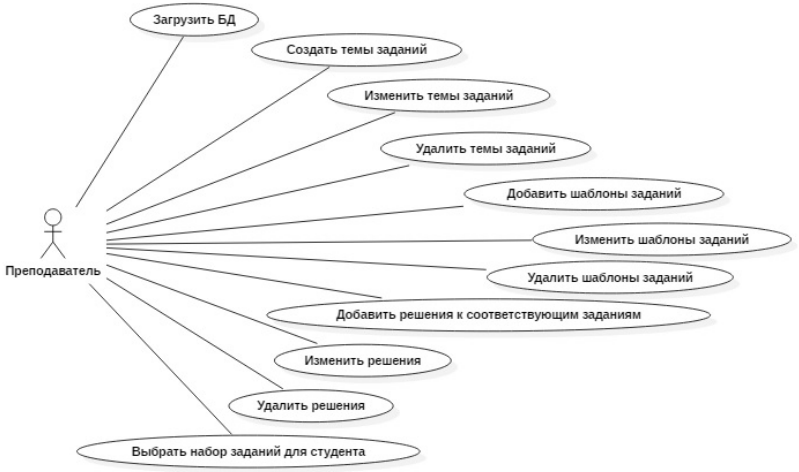


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

4. Шаблоны типовых заданий и решений

В приложении выбран подход представления типовых заданий и типовых решений в виде шаблонов. Шаблон - это текст с включенными параметрами, за которыми может стоять таблица, атрибут или другой вид параметра. Для написания типовых заданий или типовых решений были выведены параметры и их типы, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Параметры и их типы

Наименование	Обозначение	Тип параметра
Таблица	[p.Table]	Char()
Атрибут	[p.Attribute]	Integer
Число	[p.Number]	Integer
Знак сравнения	[p.Compare]	Char()
Функция агрегирования	[p.Agregation]	Char()

Для использования параметра при написании типовых заданий или решений, достаточно ввести обозначение нужного параметра в квадратных скобках.

5. Модель данных

Модель данных приложения включает следующие компоненты:

1. Темы. Включает в себя: уникальный номер и наименование.
2. Задания. Содержит в себе всего две записи: уникальный номер и текст задания.
3. Решения. Это уникальный номер и текст решения.
4. Параметры. Хранит следующие данные: уникальный номер параметра и его обозначение.
5. Типы параметров. Состоит из уникального номера и наименования.

На рис.3 изображена диаграмма части базы данных, отвечающей за хранение информации о темах, заданиях и решениях, на логическом уровне в нотации IDEF1X.

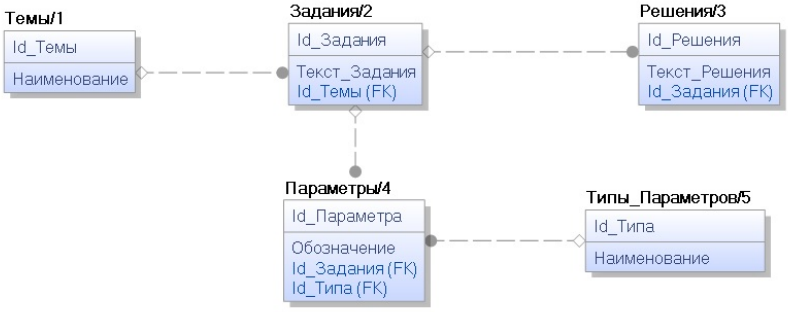


Рис. 3. ER-диаграмма базы данных на логическом уровне

Заключение

1. Проведен анализ тем, изучаемых студентами ВГУ на факультете ПММ на специальности прикладная информатика в юриспруденции, по языку SQL.
2. Проведен анализ типовых заданий на составление SQL-команд.
3. Проведен анализ типовых решений, соответствующих типовым заданиям.
4. Разработан механизм проверки решений.
5. Спроектирована часть базы данных веб-приложения, предназначенная для составления и генерации заданий на языке SQL, которая должна хранить темы, шаблонные задания и соответствующие им типовые решения.

Список литературы

1. Миронов А. С. Пользовательский интерфейс // Молодой ученый. — 2016. — №15. — С. 145-147. — URL https://moluch.ru/archive/119/33034/ (дата обращения: 20.06.2019).

2. Вендеров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем/ А. М. Вендеров.; – М. : Финансы и статистика, 2006. – 544 с.

3. Абраров Р. Д., Пак В. О. Тестирование графического интерфейса (GUI testing) // Техника. Технологии. Инженерия. — 2017. — №3.1. — С. 3-4. — URL https://moluch.ru/th/8/archive/62/2630/ (дата обращения: 27.06.2019).

Аспекты реализации системы информационной поддержки учета достижения компетенций курсантов

А. Н. Ундозерова, email: und-alla@rambler.ru [1]

[1] ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются некоторые аспекты реализации системы информационной поддержки учета достижений компетенций курсантов в составе электронных междисциплинарных учебно-методических комплексов: модель информационной базы данных, пример содержательной части тестов по оценке компетенций.*

Ключевые слова: *электронные междисциплинарные учебно-методические комплексы, система информационной поддержки, компетенции курсантов, тестирование.*

Введение

Проблема разработки методики и средств информационной поддержки оценки уровня сформированности компетенций обучающихся в системе высшего профессионального образования приобрела актуальность с момента принятия Федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения, в которых требования к результатам освоения основных образовательных программ подготовки специалиста представлены системой компетенций интегральных личностных характеристик, выражающихся в способностях выпускников применять полученные знания, умения и навыки в решении практических задач. Обсуждению содержания понятий и критериев оценки достижения профессиональной компетентности и составляющих ее компетенций посвящены исследования И.А. Зимней [1], А. В. Хуторского [4] и др. Военные педагоги [2, 3 и др.] уделяют существенное внимание вопросам измерения профессиональных способностей, разработке индикаторов достижения различных компетенций будущими военными специалистами.

1. Электронные междисциплинарные учебно-методические комплексы

Поскольку формирование компетенций, как правило, невозможно в рамках освоения одной отдельно взятой дисциплины, то на первом этапе процедуры измерения профессиональных способностей

необходимо выявить цепочки системно-связанных дисциплин учебного плана, направленных на формирование определенных компетенций, спроектировать на их основе электронные междисциплинарные учебно-методические комплексы (ЭМУМК), используя возможности современных информационных технологий. В соответствии с установленными требованиями электронные учебно-методические комплексы помимо учебно-методической документации (учебных рабочих программ, тематических планов и пр.) и основного содержания должны включать электронные образовательные ресурсы (ЭОР) — обучающие программы, компьютерные тренажеры и др., дополнительные информационные ресурсы (ЭИР), в том числе ссылки на внешние электронные библиотеки, а также систему контроля знаний. Декомпозиция процесса проектирования ЭМУМК представлена на рис. 1.

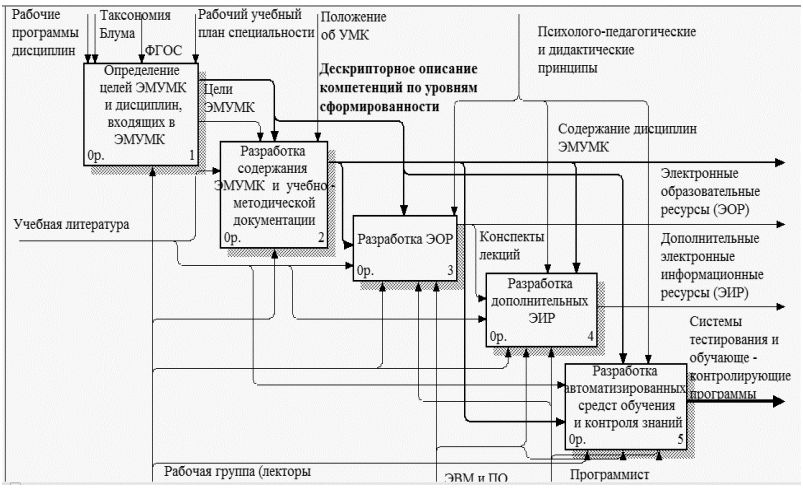


Рис. 1. Декомпозиция процесса проектирования ЭМУМК

Далее требуется выявить конкретные разделы и темы, в рамках которых формируются те или иные компетенции, связанные понятия и навыки обучающихся, которые получают развитие при последовательном освоении учебного материала взаимосвязанных дисциплин. На этом этапе необходимо создать фонд оценочных средств междисциплинарного комплекса, включающий как повторяющиеся

тестовые задания, так и задачи с прогрессирующим уровнем сложности для отслеживания динамики поведенческих индикаторов уровней усвоения.

2. Концепция системы информационной поддержки учета достижения компетенций

Для выполнения функций оценки уровня сформированности компетенций, сохранения истории периодических проверок знаний и выработки индивидуальных корректирующих воздействий для каждого обучающегося разработана концепция системы информационной поддержки учета текущей успеваемости курсантов. Суть ее заключается в том, что тесты по отдельным темам предшествующих дисциплин повторяются при изучении последующих взаимосвязанных дисциплин, история результатов тестирования каждого обучающегося должна сохраняться в информационной базе данных, аналитические отчеты должны отражать уровень сформированности компетенций и проблемные темы и служить основой для выработки индивидуального плана освоения учебного материала.

Известен ряд готовых программных решений, реализующих функции учета успеваемости. Среди них программные системы Дневник.ру, ЭДУ (Электронный дневник учащегося), 1С:Образование, позволяющее вести электронный журнал и электронный дневник, электронное портфолио учащегося и формировать индивидуальную образовательную траекторию ученика.

Однако для полноценной реализации функции оценки уровня сформированности компетенций необходимо разработать систему на основе информационной базы данных и приложение, обрабатывающее отчеты о тестировании, представленные в виде файлов различных форматов, и заносящее информацию в базу данных для дальнейшего обобщения и анализа.

3. Модель базы данных системы информационной поддержки

Для реализации концепции была разработана реляционная база данных, логическая модель которой в нотации IDEF1X представлена на рис. 2. Роль справочников выполняют сущности Индивид, Кафедра, Учебный план, Компетенция, Дисциплина, Группа, Курсант, Преподаватель. Информация о результатах тестирования заносится в таблицы Ведомость и Строка.

Сущность Индивид содержит информацию о постоянном и переменном составах – фамилию, имя, отчество (при наличии), дату рождения (необязательный атрибут). Сущность Преподаватель отражает принадлежность Индивида Кафедре, сущность Курсант – принадлежность Индивида учебной Группе. При этом Группа характеризуется как номером, так и соответствующим учебным годом, поскольку в разные годы группы с одинаковыми номерами имеют различный списочный состав. Дисциплины с одинаковыми наименованиями (например, Информатика) могут относиться к различным Учебным планам, иметь различные шифры, содержание и перечень тем. Сущность Тема содержит наименования тем тестов и номера тем дисциплины, к которым они относятся. Одна тема дисциплины может содержать несколько тестов. Каждая тема направлена на формирование определенной компетенции.

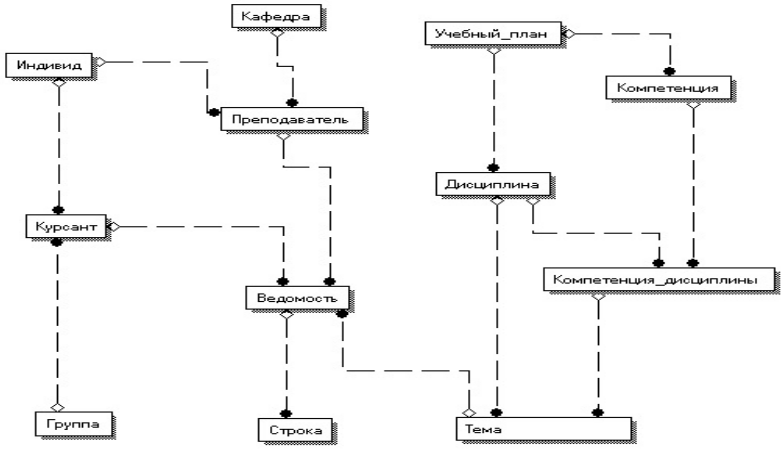


Рис. 2. Логическая модель базы данных в нотации IDEF1X

Таблица базы данных Ведомость предназначена для сохранения результатов тестирования Курсантов определенной Группы отдельным Преподавателем по конкретной Теме выбранной Дисциплины и содержит информацию о датах проведения тестирования и полученных оценках. В таблице Строка ведомости сохраняется информация о

заданных вопросах, полученных ответах и правильности ответа (Да/Нет).

Организация базы данных позволяет накапливать информацию для отслеживания динамики текущей успеваемости и уровня достижения компетенций курсантами при изучении взаимосвязанных дисциплин, а также взаимодействовать с пользователями посредством приложения, являющегося неотъемлемой частью системы информационной поддержки.

4. Совершенствование системы тестирования

Критериями оценки сформированности компетенций обучающихся являются (в зависимости от этапа формирования): степень усвоения учебного материала; научно-методический уровень ответов на поставленные вопросы; доказательность и убедительность суждений; степень творчества и самостоятельности в решении задач и анализе ситуаций; связь с предстоящей практической деятельностью. В связи с этим, в тесты предлагается включать не только вопросы на проверку знаний и умений, но и для оценки личностной, коммуникативной и ценностно-рефлексивной составляющей, а ответы оценивать не шкалой правильно/неправильно, а в баллах. Например, тест по теме «Методы организации, хранения и эффективной обработки абстрактных структур данных» по дисциплине «Программирование», может включать следующие вопросы:

1. Личностная (мотивационная) составляющая:

Для чего в военных вузах изучаются языки программирования?

a. для общего развития, развития аналитических способностей и логического мышления;
b. b) для того, чтобы научиться разбираться в программном коде готовых систем;
c. c) для разработки приложений автоматизированных систем военного назначения, выполнения военно-научной исследовательской работы;
d. нет необходимости изучения, поскольку в повседневной деятельности войск языки программирования не используются.

….

2. Коммуникативная составляющая:

Для чего необходимо визуальное программирование и графические интерфейсы?

a. для упрощения процесса разработки программ;
b. для удобства пользователя;

c. для унификации интерфейсов и повышения эффективности информационного взаимодействия.

. . . .

3. Когнитивный компонент:

Способ организации вычислительного процесса, основанный на выполнении группы операций на каждом шаге называется:

a. рекурсия;
b. итерация;
c. алгоритм.

. . . .

4. Поведенческие индикаторы:

Укажите верный способ объявления массива:

a. Var A : array[1...10] of integer;
b. Var A array[1..10] of integer;
c. Var A : array[1..10] of integer;
d. Var A : array[0-10] of integer;.

. . . .

5. Д. Ценностно-рефлексивный компонент:

Какие структуры в большей степени подходят для представления и обработки большого объема данных, полученных в результате наблюдений за показаниями приборов?

a. переменные целого и вещественного типов;
b. массивы и файлы;
c. динамические списки и файлы;
d. массивы и деревья.

Какие из рассмотренных алгоритмов могут быть использованы для защиты данных от несанкционированного доступа?

a. не задумываюсь о данной проблеме;
b. алгоритмы сортировки и поиска;
c. алгоритмы на основе хеширования;
d. указанные алгоритмы не рассматривались.

Ответы на вопросы первого, второго и пятого блоков оцениваются в баллах, когнитивного компонента и поведенческие индикаторы однозначны и оцениваются верно/неверно с последующим переводом в баллы. В результате выполнения подобного теста можно оценить не только способность, но и готовность, мотивацию к применению знаний и умений в профессиональной деятельности, нацеленность на коллективное взаимодействие при решении практических задач.

Заключение

Таким образом, реализация системы информационной поддержки учета текущей успеваемости курсантов на основе реляционной базы данных способствует накоплению структурированной информации о достижениях каждого курсанта в течение всего срока обучения, позволяет отследить историю формирования установленных Федеральными государственными образовательными стандартами компетенций, выявить проблемные вопросы и выработать индивидуальные корректирующие воздействия для каждого обучающегося. Использование системы целесообразно в составе электронных междисциплинарных учебно-методических комплексов по взаимосвязанным дисциплинам, направленным на формирование определенных компетенций.

Список литературы

1. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма образовательных результатов //Высшее образование сегодня, 2003. - №5. – С. 34-42.

2. Печников А. Н., Прензов А. В. Принцип, модель и методика измерения сформированности профессиональных способностей (компетенций) на различных уровнях усвоения // Развитие военной педагогики в XXI веке: Материалы VI межвузовской научно-практической конференции / под ред. С. В. Костарева, И. И. Соколовой, В. А. Митраховича, Н. В. Ершова. – СПб.: ВАС, 2019. – С. 22 – 30.

3. Ундозерова А.Н. Методика оценки достижения общепрофессиональных компетенций курсантов// Шуйская сессия студентов, аспирантов, педагогов, молодых ученых. Итоги 10-летия международной деятельности ШГПУ - Шуйского филиала ИВГУ: материалы XII Международной научной конференции. - Шуя, 2019. - С. 40-41.

4. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты. Отчет департамента философии образования и теории педагогики РАО. «Эйдос»-центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www/eidos.ru/news/compet/htm

Разработка автоматизированного рабочего места врача-кардиолога

Р.А. Хохлов, email: khokhlovroman@gmail.com [1]
М. А. Фирюлина, email: mashafiryulina@mail.ru [2]
М. В. Демченко, email: mariademchenko94@gmail.ru [2]

[1] Воронежский областной клинический консультативно-диагностический центр
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Данная работа посвящена описанию автоматизированной системы, предназначенной для оптимизации процессов взаимодействия пациентов и врачей в ходе оказания медицинских услуг. Рассматриваемое приложение представляет собой многофункциональную систему, предполагающую ее использование как медицинскими сотрудниками, так и пациентами. В текущей работе описан первый этап разработки данной системы, с учетом возможностей ее дальнейшего развития и расширения.*

Ключевые слова: *Автоматизированное рабочее место, обработка и хранение медицинской информации, веб-приложение, база данных, .NET, MS SQL Server.*

Введение

Одной из основных проблем современного здравоохранения является потребность в автоматизации и оптимизации многих процессов и функций медицинских учреждений. Разработка эффективных систем, позволяющих существенно снизить затраты многих ресурсов при оказании медицинских услуг, является необходимым условием развития современной медицины. [1, 2]

Начатая в последние годы лет информатизация медицинских учреждений в России привела к тому, что именно сейчас, в текущий момент, накопились достаточно большие массивы данных, доступные для более точного и полного анализа, позволяющие включиться в мировые процессы цифровизации здравоохранения и разработки интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений. Кроме того, в России не так давно приняты изменения в Федеральный закон "Об информации, информационных технологиях и о защите информации"». Дополнения касаются правовых основ использования информационно-телекоммуникационных технологий в сфере охраны

© Хохлов Р.А., Фирюлина М. А., Демченко М. В., 2020

здоровья граждан. Законом предусматривается возможность оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий путем проведения консультаций и консилиумов, обеспечивающих дистанционное взаимодействие врачей между собой, врача и пациента или его законного представителя, а также дистанционный мониторинг состояния здоровья пациента. Закон вступил в силу с 1 января 2018 года. Вступление в силу данного закона дает возможность внедрения в сферу здравоохранения информационных технологий и систем, построенных на основе телекоммуникационных средств связи для решения задач мониторинга, терапии и поддержки пациентов с хроническими заболеваниями.

Целью данного исследования является разработка автоматизированного приложения для обеспечения работы врача-специалиста (врача-кардиолога) при обследовании и лечении пациентов с профильной патологией (заболеваниями сердечно-сосудистой системы), сокращающего время на выполнение вспомогательных операций, связанных с вводом, хранением, поиском и анализом медицинских данных, с элементами поддержки принятия врачебных решений на основе искусственного интеллекта и функцией дистанционного мониторинга за состоянием больных.

Перечень некоторых отличительных характеристик приложения:

1. Соответствие требованиям законодательства и нормативным актам по защите персональных и медицинских данных (медицинских баз данных), а также хранению медицинской информации.
2. Ускоренный ввод медицинских данных за счет использования контекстных словарей.
3. Облегченный ввод (перенос) в приложение цифровых, текстовых и графических данных из различных сторонних медицинских протоколов и заключений (как хранится сейчас, как сохранять в приложении, что такое облегченный).
4. Автоматическое объединение различных типов («блоков») медицинской информации для конкретного пациента на определенный момент времени или за определенный временной интервал.
5. Автоматический планировщик приема пациентов с перечнем поставленных заданий и их выполнением.
6. Модуль оповещения пациентов (SMS, e-mail, Viber, WhatsApp) о поставленных задачах и запланированном приеме.
7. Модуль программы для самостоятельной записи пациентов на прием.

8. Интерактивный модуль дистанционного контроля с помощью SMS или отдельного мобильного приложения за состоянием пациента по выбранным параметрам и сценариям.

9. Оценка краткосрочного прогноза на основании данных, полученных с помощью модуля дистанционного контроля за состоянием пациента.

10. Наличие гибко настраиваемых запросов для поиска данных как по группам пациентов, так и по отдельным пациентам, в том числе с формированием различных статистических отчетов.

11. Поддержка цифровой подписи.

12. Поддержка принятия врачебных решений в отдельных задачах диагностики и лечения с использованием искусственного интеллекта.

1. Основные компоненты приложения

Разрабатываемая автоматизированная система включает в себя такие компоненты, как:

- веб-приложение для врачей, служащее для ввода и поиска медицинской информации, назначения консультаций;
- мобильное приложение для пациентов, служащее для отслеживания показателей здоровья пациентов и записи на прием к доктору;
- база данных, содержащая медицинскую информацию, включая данные о пациентах.

Диаграмма взаимодействия пользователей и основных компонентов рассматриваемой автоматизированной системы приведена на рис. 1.

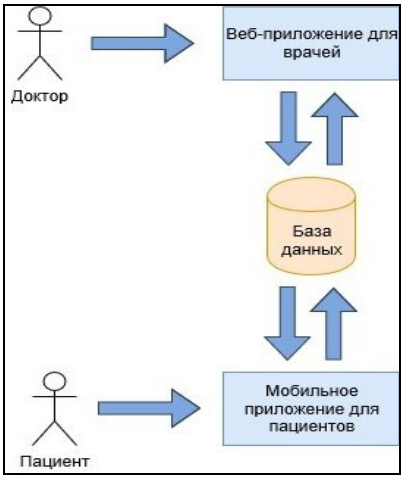


Рис. 1. Схема взаимодействия пользователей и основных компонентов системы

Данная статья посвящена обзору модулей основного веб-приложения, касающихся регистрации пациентов, назначения и отслеживания посещений пациентами врачей. Рассматриваемое веб-приложение было разработано с помощью платформы .NET Framework 4.6.1 [3] и Angular 6.0.2 [4]. Для хранения и обработки медицинских данных была использована СУБД MS SQL Server 2016 [5].

2. Модуль информации о пациентах

Функциональность приложения, касающаяся основной логики регистрации и последующего ведения информации о пациентах включает в себя

– возможность создания медицинской карточки с минимально необходимой информацией о пациенте;

– возможность отслеживания посещений пациентом докторов с целью консультации, наблюдения, проведения диагностических или других медицинских процедур;

– возможность ведения списка медицинских назначений по лечению пациента.

На рис. 2 приведена диаграмма основных таблиц базы данных, связанных с информацией о пациентах. Основная таблица пациентов (persons) включает в себя поля фамилии, имени, отчества, пол, дату рождения, информацию об образовании и группе здоровья пациента (FIRST_NAME (RU/EN), LAST_NAME (RU/EN), SECOND_NAME

(RU/EN), GENDER_ID, BIRTH_DATE, EDUCATION_ID, disability_group_id) и др. База данных также содержит таблицу анамнеза PERSON_ANAMNESIS (с полями PERSON_ID, anamnesis_value_id, DESCRIPTION), таблицы медицинских наблюдений PERSON_OBSERVATIONS (с полями PERSON_ID, OBSERVATION_START, OBSERVATION_END, observation_group_id, DESCRIPTION), OBSERVATION_GROUPS и т.д.

На рис. 3 приведен снимок страницы списка пациентов, содержащих минимально необходимую контактную информацию, предполагающих также возможность редактирования.

3. Модуль планирования приемов пациентов

Значимой частью функциональности приложения является возможность ведения журнала посещений пациентами врачей.

Добавление в журнал записи о последующем приеме может осуществляться доктором с помощью интерфейса веб-приложения, представляющего собой интерактивный календарь с возможностью выбора формата отображения дат (день, неделя или месяц).

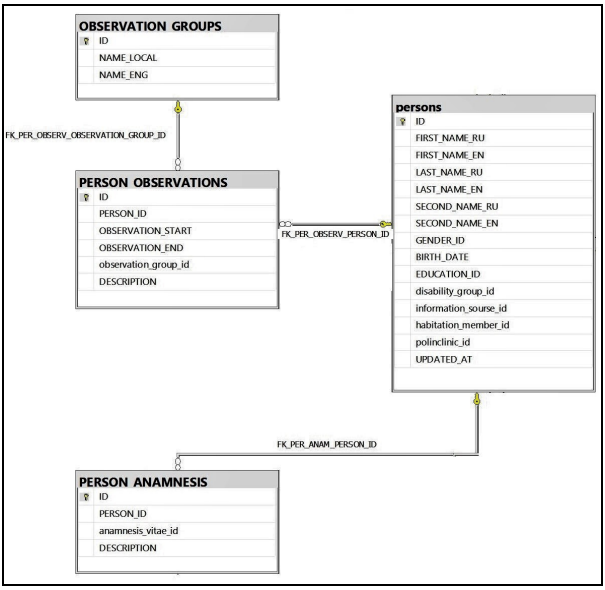


Рис. 2. Основные таблицы базы данных, содержащие информацию о пациентах.

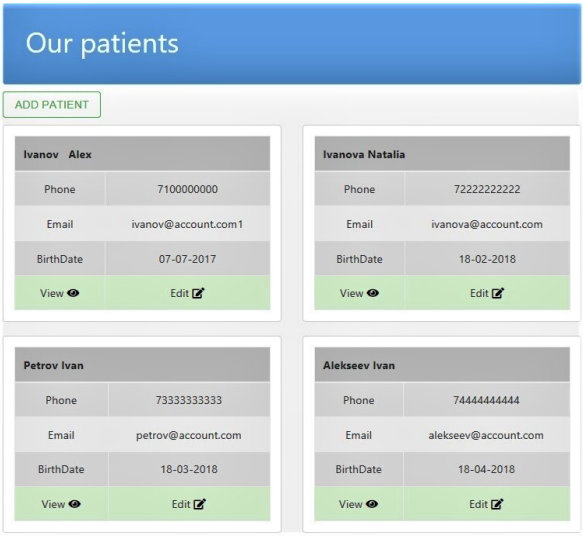


Рис. 3. Страница списка пациентов

Диаграмма таблиц базы данных, связанных с функциональностью ведения записей пациентов на прием к доктору, приведена на рис. 4. Данный набор таблиц включает в себя, помимо основной таблицы пациента, таблицы APPOINTMENTS, APPOINTMENT_TIMES (посещения, время посещений) с полями PERSON_ID, VISIT_DATE, APPOINTMENT_TIMES, COMPLAINTS (жалобы пациента), NEXT_VISIT_DATE (дата следующего посещения) и др., а также таблицу дополнительных обследований ADDITIONAL_RESEARCH.

Заключение

Данная работа посвящена описанию основных модулей автоматизированного рабочего места врача-кардиолога. В рамках начальной версии автоматизированной системы были реализованы компоненты веб-приложения, отвечающие за регистрацию пациентов и ведение журнала посещений.

Данная система предполагает доработку существующей функциональности, а также дальнейшее расширение с учетом исходных требований к полной версии программного продукта.

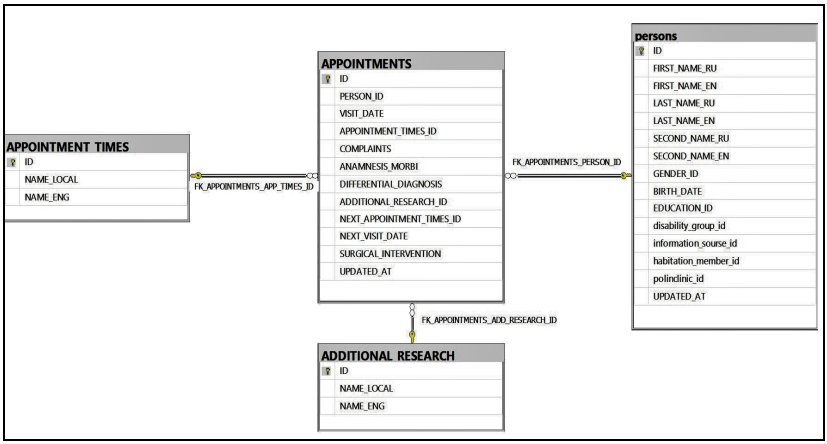


Рис. 4. Основные таблицы базы данных, содержащие информацию о приемах пациентов

Список литературы

1. Хохлов, Р. А. Применение телекоммуникационных технологий для повышения эффективности лечения артериальной гипертонии / Р. А. Хохлов, О. Ю. Лавлинская, О. С. Филатова // Врач-аспирант. – Воронеж, 2013. – Т. 56. – С. 167-174.

2. Хохлов, Р. А. Применение информационных технологий для дистанционной терапии артериальной гипертонии / Р. А. Хохлов, О. Ю. Лавлинская, Т. В. Курченкова, А. В. Губкин // Вестник Тамбовского университекта. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2016. – Т. 21. – С. 2085-2092.

3. Рихтер, Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C# / Дж. Рихтер. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2013. – 896 с.

4. Файн, Я. Angular и TypeScript. Сайтостроение для профессионалов / Я. Файн, А. Моисеев. – СПб.: Питер, 2018. – 464 с.

5. Бен-Ган, И. Microsoft SQL Server 2008. Основы T-SQL / И. Бен-Ган. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 432 с.

Секция 5
Прикладное моделирование и E-business

Формирование бизнес-архитектуры предприятия с использованием информационно-коммуникационных технологий

Л В. Путькина, e-mail: PutkinaLV@gmail.com

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Аннотация. *Формирование бизнес-архитектуры предприятия с использованием информационно-коммуникационных технологий позволяет создать модель, приближенную к реальности, в соответствии с профессионально-ориентированными требованиями направления подготовки.*

Ключевые слова: *бизнес-архитектура, предприятие, информационно-коммуникационные технологии.*

Введение

Важным направлением совершенствования высшего образования в Российской федерации является непрерывная модернизация федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) направленная на уточнение и актуализацию компетентностного подхода, формирование профессиональных стандартов выпускаемых специалистов и учет требований бизнеса.

Применение информационно-коммуникационных технологий позволяет формировать индивидуальные траектории обучения, реализовать компетентностный подход, расширять вариативность избранной траектории обучения.

Формирование бизнес-архитектуры предприятия с использованием информационно-коммуникационных технологий позволяет создать модель, приближенную к реальности, в соответствии с профессионально-ориентированными требованиями направления подготовки.

1. Формирование бизнес-архитектуры

Рассмотрим формирование бизнес-архитектуры предприятия на примере Центра медицинской оптики. Для моделирования бизнес-процессов, создания бизнес-модели предприятия, его архитектуры применим следующие программы: Bizagi Modeler и ArchiMate Modeler.

© Путькина Л. В., 2020

Рассмотрим функциональную структуру предприятия, представленную на рисунке 1.

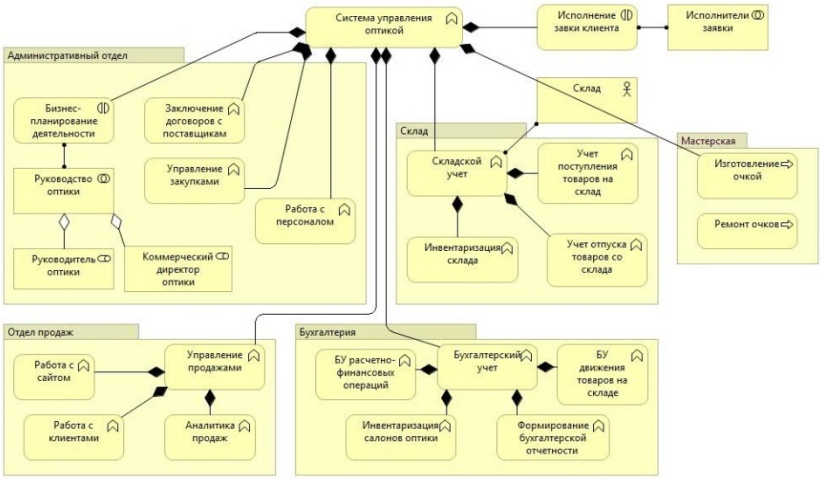


Рис. 1. Функциональная структура

Подробная структура элемента «совместная бизнес-деятельность» – исполнители заявки – представления на рисунке 2.

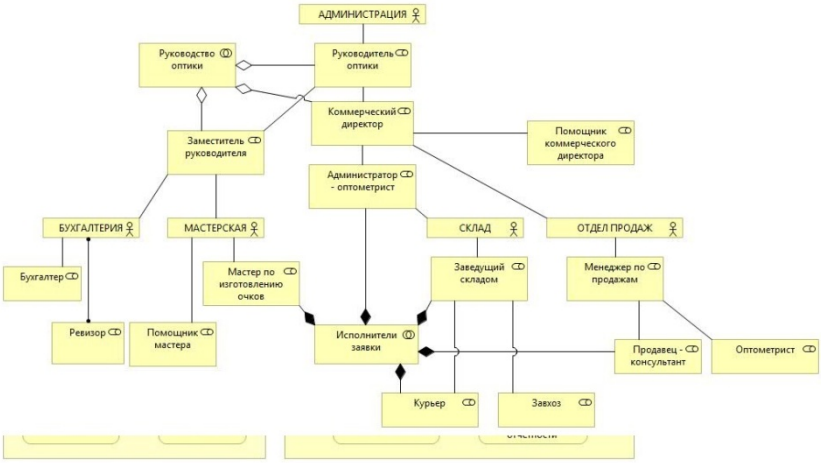


Рис. 2. Организационная структура с элементом «совместная бизнес-деятельность»

Для описания ключевых бизнес-процессов оптики выбран Bizagi Modeler – это BPM-система, направленная на моделирование, исполнение, автоматизацию и анализ бизнес-процессов.

В компании реализуется прямой сбыт, который позволяет устанавливать прямые контакты с покупателями, не прибегая к услугам независимых посредников. Это значит, что у организации есть филиалы, которые продают товары (готовые корригирующие очки, аксессуары, мягкие контактные линзы и др.) и услуги (изготовление корригирующих очков под заказ, ремонт очков).

При заказе очков клиент получает полную консультацию офтальмолога и продавца по выбору оправы и очковых линз. Полученный заказ отправляется курьером на склад для дальнейшей сборки и отправки в мастерскую. Рисунок 3 демонстрирует основной бизнес-процесс «Обработка заявки клиента». На рисунке 4 представлена модель бизнес-процессов «Центра медицинской оптики».

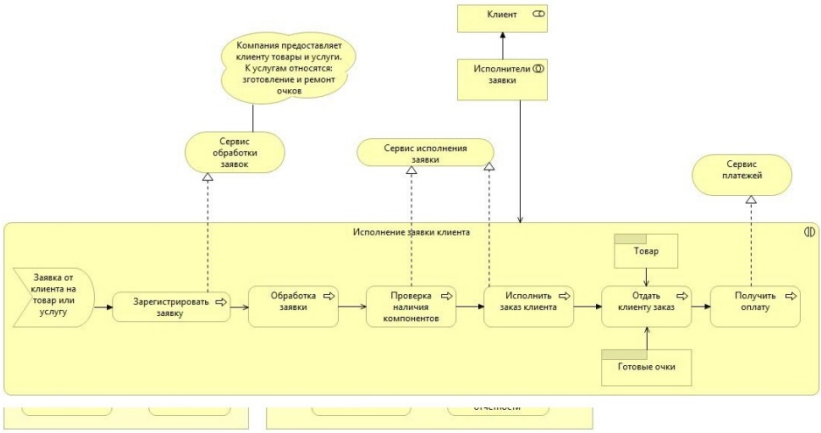


Рис. 3. Бизнес-процесс – обработка заявки клиента

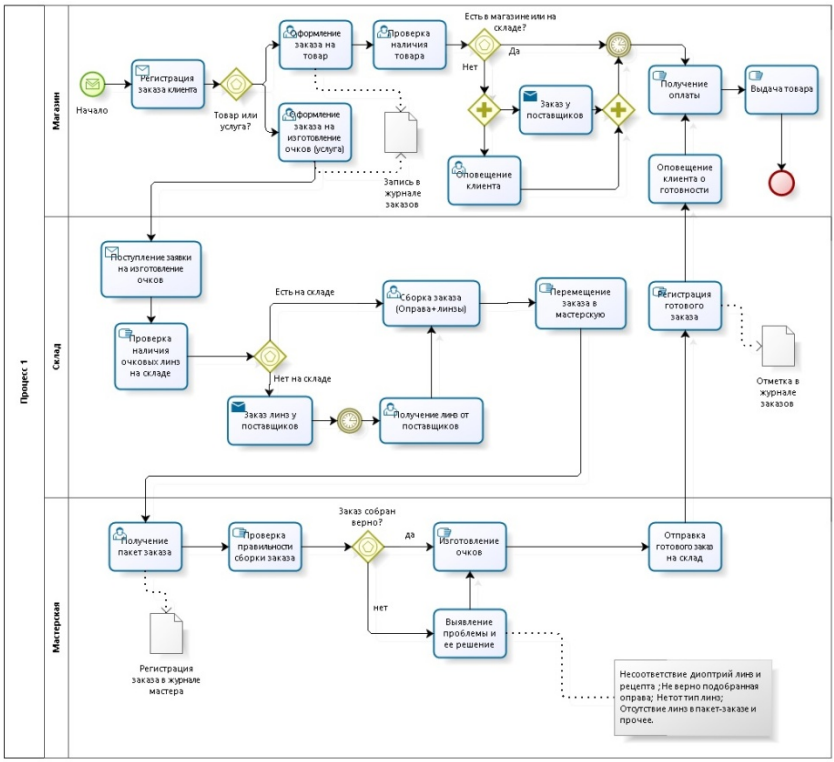


Рис. 4. Модель бизнес-процессов предприятия

Заключение

Проведенное моделирование бизнес-процессов, формирование бизнес-архитектуры позволяет повысить эффективность функционирования информационной системы предприятия.

Бизнес-модели отражают основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Создание таких моделей позволяет учитывать требования бизнеса.

Список литературы

1. Лобанов, О. С. Облачные технологии в исполнительных органах государственной власти Санкт-Петербурга / О. С. Лобанов, В. Ф. Минаков, А. В. Артемьев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 1-1 (20). – С. 67-68.

2. Лобанов, О. С. Периодизация в эволюции региональных информационных ресурсов и закономерность развертывания облачной инфраструктуры / О. С. Лобанов, Т. Е. Минакова, В. Ф. Минаков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 7-2 (26). – С. 30-31

3. Минаков, В. Ф. Развертывание облачной инфраструктуры в региональном информационном пространстве / В. Ф. Минаков, О. С. Лобанов, А. А. Остроумов // Научное обозрение. – 2014. – № 11-1. – С. 103-106.

4. Шепелёва, О. Ю. Проблемы стратегического развития цифровых ресурсов экономики / О. Ю. Шепелёва, А. К. Сотавов, Т. А. Кириленко // Социально-экономические драйверы и тенденции развития современного информационного общества : сб. тр. участников Всерос. научно-практической конф. (Ставрополь, 26-27 сентября 2018 г.). – Ставрополь, 2018. – С. 327-330.

5. Шепелева, О. Ю. Место информационно-коммуникационных систем в цепочках создания потребительской ценности / О. Ю. Шепелева, В. Ф. Минаков, П. Ю. Шепелёв // Экономические, технические и информационные аспекты модернизации региональных производственных систем : сб. тр. участников Международной научно-практической конф. (Ставрополь, 21-22 ноября 2018 г.). – Ставрополь, 2018. – С. 456-460.

6. Sotavov, A.K. Features of innovative projects in the sphere of information technologies / A. K. Sotavov, O. Yu. Shepeleva, Zh. A. Rybak // Экономическое развитие регионов России в условиях трансформации информационной среды : сб. тр. участников Всерос. научно-практической конф. (Ставрополь, 25-26 апреля 2018 г). – Ставрополь, 2018. – С. 37-40.

7. Шепелева, О.Ю. Перспективы использования технологии блокчейн исполнительными органами Российской Федерации // Цифровая экономика в социально-экономическом развитии России : сб. тр. участников Всерос. научно-практической конф. молодых ученых Санкт-Петербургского государственного экономического университета. (Санкт-Петербург, 24 ноября 2017 г.). – Санкт-Петербург, 2018. – С. 306-309.

8. Талаев, Д.В. Идентификация особенностей поведения поколений методами big data и нейронными сетями // Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства : сб. тр. участников II международного научно-практического форума. (Ставрополь, 09-12 октября 2019 г.). – Ставрополь, 2019. – С. 145-148.

9. Талаев, Д.В. Интеллектуализация информационных ресурсов России // Проблемы и тенденции развития информационных и производственных систем : сб. тр. участников Международной научно-практической конф. (Ставрополь, 26-27 сентября 2019 г.). – Ставрополь, 2019. – С. 502-506.

О возможности использования метода модулирующих функций для идентификации нестационарных динамических объектов

Д. Н. Анисимов, e-mail: anisimovdn@yandex.ru
О.С. Медникова, e-mail: lashlou@rambler.ru
П.Д. Василькова, e-mail: pvasilkova@yandex.ru

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Аннотация. *В работе рассматривается принципиальная возможность параметрической идентификации нестационарных динамических объектов в условиях помех методом модулирующих функций. Рассмотрены два способа организации идентификационного эксперимента.*

Ключевые слова: *нестационарный динамический объект, идентификация, модулирующие функции.*

Введение

Идентификация является важным этапом при проектировании систем автоматического управления. Ее целью является построение математической модели, адекватной объекту, позволяющей осуществлять дальнейший анализ и синтез системы.

В задачах параметрической идентификации, требующих высокой помехоустойчивости, достаточно хорошо зарекомендовали себя интегрально-модуляционные методы (ИММ). Эти методы основаны на перемножении входного и выходного сигналов объекта на специально формируемые модулирующие функции (МФ) и вычислении площадей под образованными кривыми. Наиболее известными в этом классе являются метод Симою [1], метод модулирующих функций (ММФ) [2] и метод экспоненциальной модуляции (МЭМ) [3]. Сравнительный анализ этих методов, проведенный в [4] при ступенчатых входных сигналах, показал, что МЭМ обеспечивает наиболее высокую точность оценок параметров объекта в условиях зашумленности его выходного сигнала и при этом наиболее прост в реализации. Однако он работоспособен только при нулевых начальных условиях. Этого недостатка лишен метод модулирующих функций. Инвариантность ММФ по отношению к начальным условиям является ключевым фактором при выборе метода идентификации нестационарных объектов, динамические свойства которых изменяются во времени.

© Анисимов Д.Н., Медникова О.С., 2020

Вне зависимости от выбранного метода идентификации оценивание текущих значений параметров нестационарного объекта сопряжено с принципиальной трудностью: с одной стороны, для проведения идентификации объекта требуется собрать достаточное количество экспериментальных данных; с другой стороны, параметры исследуемого объекта в течение времени, необходимого для сбора информации, могут существенно измениться. В данной работе обсуждаются вопросы проведения идентификационного эксперимента, обеспечивающего удовлетворительные оценки параметров нестационарного динамического объекта.

1. Краткое описание метода модулирующих функций

Идея метода модулирующих функций была предложена в 1957 г. М. Шинбротом [2] и впоследствии развита Ж. Лёбом и Г. Каэном [5]. При идентификации ММФ динамический объект описывается дифференциальным уравнением

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \cdots + a_1 \frac{d\,y(t)}{dt} + y(t) = b_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} + \cdots + b_0 x(t), m \le n, \qquad (1)$$

где $x(t)$ и $y(t)$ – входной и выходной сигналы объекта соответственно. Требуется оценить значения параметров $a_1,\ldots,a_n,b_0,\ldots b_m$. Сформируем модулирующую функцию $\psi(t)$, такую, чтобы на концах интервала наблюдения τ_1 и τ_2 она сама и ее первые $(n-1)$ производные были бы равны нулю:

$$\psi^{(i)}(\tau_1) = \psi^{(i)}(\tau_2) = 0, \quad i = \overline{0, n-1}, \qquad (2)$$

где $\psi^{(i)}(t)$ – i-я производная по времени модулирующей функции.

Перемножим входной и выходной сигналы объекта $x(t)$ и $y(t)$ на функции $\psi(t), \dot{\psi}(t), \ldots, \psi^{(n)}(t)$ и вычислим площади под образованными кривыми R_j и S_i в интервале $[\tau_1, \tau_2]$:

$$R_j = \int_{\tau_1}^{\tau_2} x(t) \cdot \psi^{(j)}(t)\, dt, \quad S_i = \int_{\tau_1}^{\tau_2} y(t) \cdot \psi^{(i)}(t)\, dt. \qquad (3)$$

Тогда справедливо следующее уравнение:

$$\sum_{i=0}^{n} (-1)^i S_i a_i = \sum_{j=0}^{m} (-1)^j R_j b_j. \qquad (4)$$

Это алгебраическое уравнение связывает вычисленные площади S_i , R_j с параметрами a_i , b_j . Для определения неизвестных параметров необходимо $n+m+1$ таких уравнений. Их можно получить либо изменяя параметры модулирующих функций, либо сдвигая интервал наблюдения по оси времени.

В качестве модулирующих могут быть выбраны различные функции, удовлетворяющие условиям (2). Как показывает анализ литературных источников, наиболее часто используются полиномиальные [6], гармонические [2] и пуассоновские [7] МФ. Как показано в [4], выбор того или иного класса МФ в общем случае влияет на точность идентификации при наличии случайных помех, но в данном исследовании этот вопрос не является принципиальным. Поэтому выберем МФ произвольного вида, например полиномиального:

$$\psi(t,\tau_{1k},\tau_{2k}) = (t-\tau_{1k})^n (t-\tau_{2k})^n, \quad k=\overline{1,n+m+1}. \tag{5}$$

Интервалы задания МФ будем сдвигать на постоянную величину $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau = \tau_{1(k+1)} - \tau_{1k} = \tau_{2(k+1)} - \tau_{2k}. \tag{6}$$

2. Организация идентификационного эксперимента

Одним из классификационных признаков методов идентификации является способ организации эксперимента. По этому признаку разделяют активные и пассивные методы. При использовании пассивных методов модель объекта определяется по результатам наблюдения за естественными изменениями входных и выходных переменных объекта. Это позволяет получить математическую модель без нарушения хода технологического процесса. Как следует из описания ММФ, для него не существует теоретических ограничений на проведение пассивной идентификации. Однако успешное применение пассивных методов идентификации по данным нормально функционирующего объекта возможно только при выполнении достаточно жестких условий. Основной проблемой является слабое изменение и, как следствие, малая информативность выходного сигнала замкнутой системы в режиме нормальной эксплуатации. В данном исследовании мы ограничимся рассмотрением оценок параметров объекта, полученных на основе активной идентификации.

При активном способе идентификации используются специальные тестовые сигналы, подаваемые на вход объекта. В общем случае выбор входного сигнала, обеспечивающего наилучшую точность оценок, является весьма сложной задачей и его приходится осуществлять исходя из общих соображений. Так, в [8] обоснован выбор ступенчатого

входного сигнала при параметрической идентификации стационарных объектов на основе МЭМ. Переходные функции в достаточно полной мере отражают динамические свойства таких объектов, но для идентификации нестационарных объектов они непригодны, поскольку для суждения об изменениях его параметров требуется достаточно длительное время наблюдения. Очевидно, что входной сигнал должен быть постоянно возбуждающим. Многие исследователи в качестве тестового сигнала используют дискретный белый шум, поскольку он обладает широким частотным спектром, но, как показали исследования [9], этот сигнал не может обеспечить достаточную точность оценок при идентификации методом модулирующих функций.

Опытным путем было установлено, что приемлемых результатов идентификации можно добиться при подаче на вход объекта последовательности прямоугольных импульсов

$$x(t) = \begin{cases} X_1, & kT_{\text{и}} \le t < (k+0,5)T_{\text{и}} \\ X_2, & (k+0,5)T_{\text{и}} \le t < (k+1)T_{\text{и}} \end{cases}, \quad k = 0,1,2,\ldots, \tag{7}$$

где $T_{\text{и}}$ – период следования импульсов. Этот период следует выбирать исходя из априорных сведений об объекте. Если объект является фильтром нижних частот, то при слишком малом периоде $T_{\text{и}}$ диапазон изменения выходного сигнала окажется незначительным. Это приведет к увеличению отношения «шум-сигнал» и негативно скажется на точности оценивания. С другой стороны, выбор чрезмерно большого периода следования импульсов повлечет за собой появление участков, на которых выходной сигнал будет малоинформативным из-за близости к установившемуся значению.

В качестве примера будем рассматривать апериодический объект второго порядка с передаточной функцией

$$W(\mathbf{s},t) = \frac{K(t)}{a_2(t)\mathbf{s}^2 + a_1(t)\mathbf{s} + 1} = \frac{K(t)}{[1+\mathbf{s}T_1(t)](1+\mathbf{s}T_2)}, \tag{8}$$

где $\mathbf{s}$ – оператор Лапласа; $K(t)$ и $T_1(t)$ – коэффициент усиления и постоянная времени объекта, зависящие от времени; T_2 – постоянная времени, не зависящая от времени.

Рассмотрим случай, когда параметры объекта изменяются по синусоидальному закону:

$$K(t) = K_0\left(1 + \Delta_K \sin\frac{2\pi}{P_K}\right), \tag{9}$$

$$T_1(t) = T_{10}\left(1 + \Delta_{T1}\sin\frac{2\pi}{P_{T1}}\right), \qquad (10)$$

где K_0, T_{10} – средние значения; Δ_K, Δ_{T1} – диапазоны относительных изменений; P_K, P_{T1} – периоды изменения параметров объекта.

К выходу объекта приложим некоррелированную случайную помеху $\eta(t)$, распределенную по равномерному закону:

$$f(\eta) = \begin{cases} 1/2A & \text{при } -A \le \eta \le A \\ 0 & \text{при } \eta < -A \text{ и } \eta > A \end{cases}. \qquad (11)$$

Как было отмечено выше, количество МФ, необходимых для проведения идентификации, должно быть равно количеству оцениваемых параметров. В рассматриваемом примере это три полиномиальных функции вида (5): $\psi_1(t, \tau_{11}, \tau_{21})$, $\psi_2(t, \tau_{12}, \tau_{22})$, $\psi_3(t, \tau_{13}, \tau_{23})$. В работе предлагается два способа организации эксперимента.

Первый способ условно назовем «блочным». Создается блок из трех МФ, каждая из которых задана на интервале $T_{\text{мф}} = \tau_{2k} - \tau_{1k}$. Соседние МФ сдвинуты относительно друг друга на величину $\Delta\tau$. Конец каждого блока является началом следующего. Таким образом, процесс идентификации осуществляется циклично с интервалом $T_{\text{ид}} = T_{\text{мф}} + 2\Delta\tau$ (рис. 1).

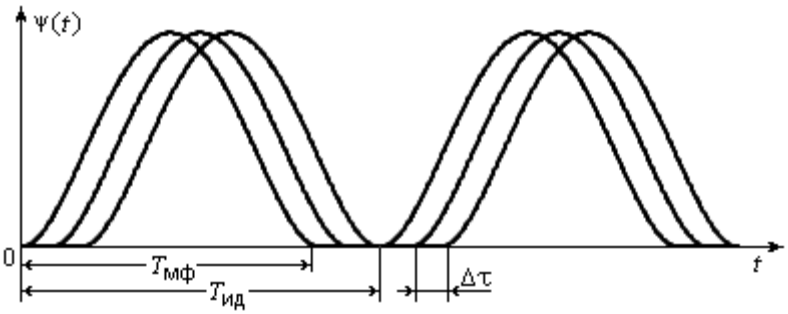


Рис. 1. «Блочный» способ формирования модулирующих функций

Второй способ, который назовем «скользящим», заключается в следующем. Так же как и в предыдущем варианте формируются три МФ

и проводится идентификация. На следующем шаге крайняя левая МФ $\psi_1(t,\tau_{11},\tau_{21})$ убирается, а к двум оставшимся справа добавляется МФ $\psi_1(t,\tau_{14},\tau_{24})$ такая, что $\tau_{14}=\tau_{13}+\Delta\tau$, $\tau_{24}=\tau_{23}+\Delta\tau$, и снова проводится идентификация. Процесс идентификации также повторяется циклично, но оценки параметров обновляются уже с интервалом $\Delta\tau$ (рис. 2).

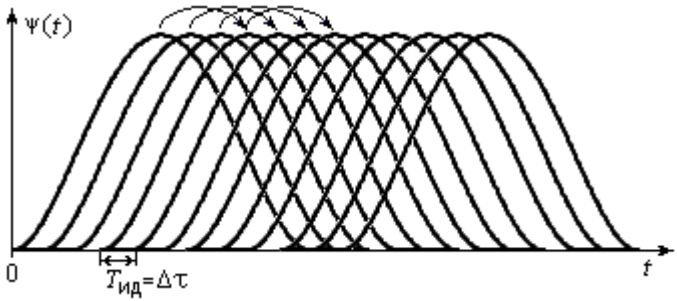


Рис. 2. «Скользящий» способ формирования модулирующих функций

3. Проведение исследований

Проведем идентификацию нестационарного динамического объекта с изменяющимся коэффициентом усиления двумя описанными способами при следующих исходных данных: $X_1=1$; $X_2=0,5$; $T_{\text{имп}}=5$ с; $K_0=1$; $\Delta_K=0,2$; $P_K=48$ с; $T_1=1$ с; $T_2=2$ с; $A=0,05$; $T_{\text{мф}}=4$ с; $\Delta\tau=0,4$ с.

На рис. 3 приведены процессы, полученные в ходе идентификации «блочным» способом: K – изменяющийся по синусоидальному закону коэффициент усиления объекта; x и y – сигналы на входе и выходе объекта; $\hat{K}$ – оценка коэффициента усиления; $\hat{y}$ – сигнал на выходе модели. Из рис. 3 видно, что процесс $\hat{K}(t)$ в целом отражает характер изменения коэффициента усиления объекта, но в силу относительно большого промежутка между соседними актами идентификации оценка получается весьма грубой и существенно сдвинутой по фазе.

Процессы изменения этих же величин, но полученные «скользящим» способом, приведены на рис. 4. Визуальное сопоставление результатов, полученных двумя способами, позволяет сделать вывод, что оценки, полученные «скользящим» способом, оказываются ближе к истинным значениям, хотя и в этом случае заметно их отставание по фазе. Очевидно, что это отставание зависит от

оперативности проведения идентификации в условиях изменения параметров нестационарного объекта.

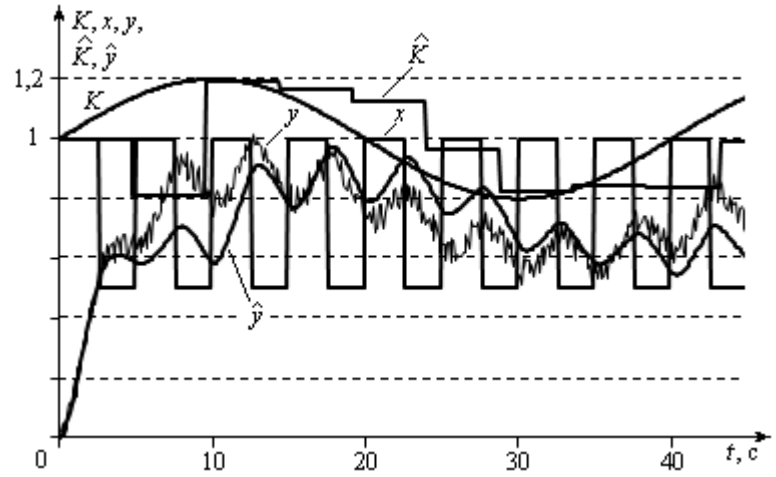


Рис. 3. Процессы, полученные в результате идентификации «блочным» способом

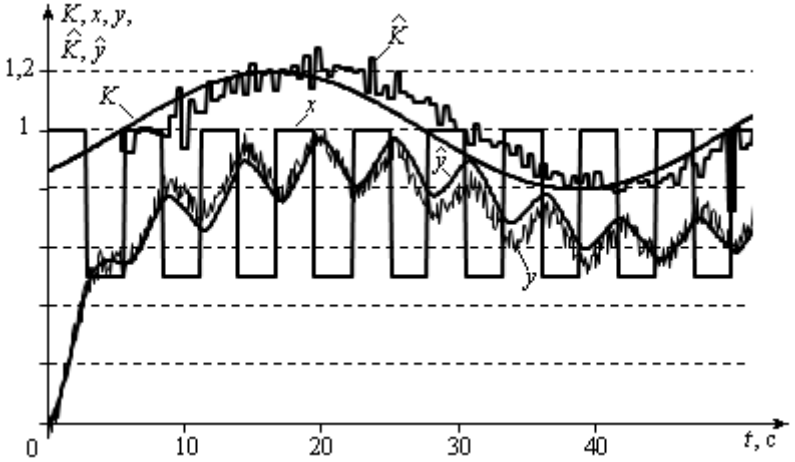
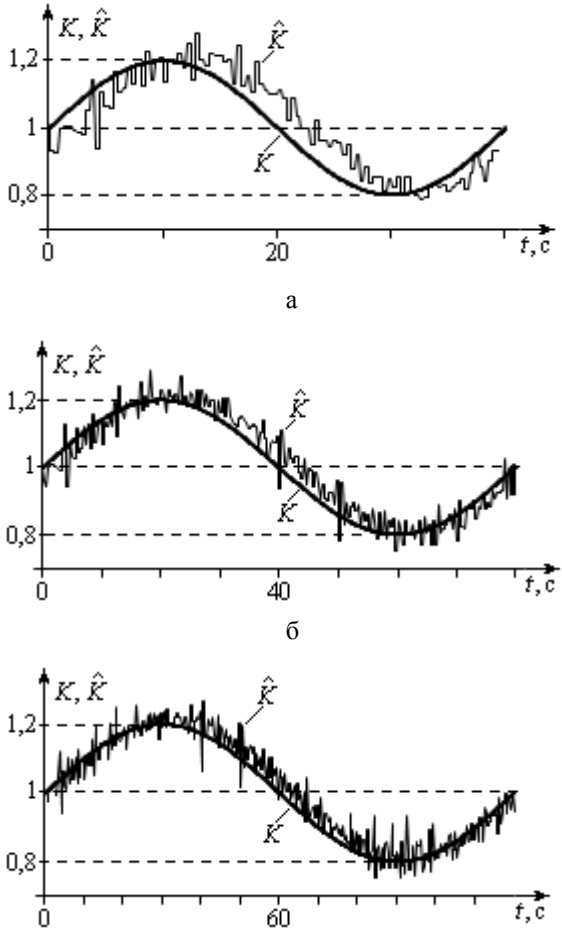


Рис. 4. Процессы, полученные в результате идентификации «скользящим» способом

Иллюстрация того, как влияет период изменения коэффициента усиления P_K на поведение оценки $\hat{K}(t)$, приведена на рис. 5.



а – $P_K = 40\,c$, *б* – $P_K = 80\,c$, *в* – $P_K = 120\,c$

Рис. 5. Оценки коэффициента усиления нестационарного объекта при разных периодах изменения параметра

Качественный анализ рис. 5 показывает, что фазовый сдвиг между процессами изменения коэффициента усиления и его оценки уменьшается при увеличении их периодов. Аналогичные результаты были получены для оценок изменяющейся постоянной времени объекта.

Заключение

В работе продемонстрирована принципиальная возможность параметрической идентификации нестационарных объектов в условиях помех методом модулирующих функций. Рассмотрены два способа организации идентификационного эксперимента – «блочный» и «скользящий». Показано, что наряду с интенсивностью сигнала помехи существенное влияние на точность оценок оказывает скорость изменения параметров.

Дальнейшим направлением исследований является всесторонний количественный анализ различных факторов и планирование мероприятий по улучшению точности идентификации.

Доклад подготовлен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-01-00143-а).

Список литературы

1. Симою, М.П. Определение коэффициентов передаточных функций линеаризованных звеньев систем регулирования / М.П. Симою // Автоматика и телемеханика.− 1957.− № 6.− С. 514-527.

2. Shinbrot, M. On the analysis of linear and nonlinear systems / M. Shinbrot // Trans. ASME.− 1957.− Vol. 79.− No. 3.− Pp. 547–542.

3. Анисимов, Д.Н. Идентификация линейных динамических объектов методом экспоненциальной модуляции / Д.Н. Анисимов // Вестник МЭИ.− 1994.− № 2.− С. 68-72.

4. Анисимов, Д.Н. Сравнительный анализ интегрально-модуляционных методов идентификации линейных динамических объектов / Д.Н. Анисимов // Вестник МЭИ.− 2015.− № 2.− С. 109-113.

5. Loeb, J. More about process identification / J. Loeb, G. Cahen // IEEE.Trans. Automatic Control.− 1965.− AC-10.− No 3.− Pp. 359-361.

6. Jouffroy, J. Finite-time simultaneous parameter and state estimation using modulating functions / J. Jouffroy, J. Reger // IEEE Conference on Control Applications.− 2015.− Pp. 394-399.

7. Saha, D.C. Identification of lumped linear systems in the presence of unknown initial conditions via Poisson moment functional / D.C. Saha, G.P. Rao − Int. Journal of Control.− 1980.− Vol. 31.− No. 4.− Pp. 637–644.

8. Анисимов, Д.Н. Некоторые аспекты применения метода экспоненциальной модуляции для идентификации динамических объектов / Д.Н. Анисимов // Тр. II Междунар. конф. «Идентификация

систем и задачи управления» SICPRO 03 (Москва, 29-31 января 2003 г.) – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.− С. 1602-1618.

9. Медникова, О.С. Исследование влияния вида входного сигнала на результаты идентификации интегрально-модуляционными методами / О.С. Медникова, Е.Ю. Ситникова // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (15–16 марта 2018 г., Москва): Тез. докл. − М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018.− С. 292.

Поддержка принятия решений при оптимизации технологических маршрутов

М.А. Анфёров, e-mail: anfyorov@inbox.ru

«МИРЭА – Российский технологический университет»

Аннотация. *Рассматривается модель и основанный на ней метод оптимизации технологических процессов наукоемкого производства в условиях повышенной неопределенности на уровне формирования технологических маршрутов.*

Ключевые слова: *моделирование, оптимизация, наукоемкое производство, поддержка принятия решений.*

Введение

Современный рынок наукоемкой продукции характеризуется жесткой конкуренцией, вызванной повышенными требованиями к эксплуатационным характеристикам производимых изделий и источникам затрат на реализуемые процессы в рамках жизненного цикла данных изделий [1]. Второе обстоятельство вынуждает особое внимание уделять информационной поддержке принимаемых решений в рамках структурной и функциональной оптимизации по критерию минимизации затрат.

Как известно принятие оптимальных решений сильно затруднено в условиях информационной неопределенности, вызванной неполнотой и стохастичностью данных. В рамках системного подхода оптимизация разрабатываемых технологических процессов должна осуществляться на всех иерархических структурных уровнях [2]. При этом отсутствие оптимального выбора на верхних уровнях системы оптимизационных задач влечёт развитие необратимого процесса цепной реакции поглощения возникшими убытками всех возможных последующих положительных эффектов. С другой стороны именно на верхнем уровне структурного описания технологического процесса, когда формируются технологические маршруты прохождения изделия и его составных частей по подразделениям предприятия [3], имеет место вышеназванная неопределенность, не позволяющая использовать численно измеримые критерии оптимизации. В рамках данной работы рассматривается метод и модель, позволяющие реализовывать оптимизацию технологических процессов на рассматриваемом уровне.

© Анфёров М. А., 2020

1. Постановка задачи

С целью решения выше озвученной задачи было реализовано системное исследование СНС, т.к. при всей хорошей изученности теоретических аспектов и научных закономерностей [1] в рассматриваемой предметной области не реализован в полной мере системный подход к анализу резервов повышения эффективности налогообложения, охватывающий взаимосвязанные процессы управления финансовыми, кадровыми и информационными ресурсами. Для анализа информационных потоков в СНС с целью выявления процессов, требующих использования методов аналитической поддержки принятия решений была получена модель в нотации IDEF0 (см. рисунок). Структурные элементы СНС, рассматриваемые в качестве механизма реализации функций, подробно описаны в [2].

Федерации на территории Российской Федерации, или об изменениях персональных данных, об аккредитации (о лишении аккредитации) филиалов и представительств иностранных юридических лиц, об изменениях, вносимых в реестр, об инвентаризационной стоимости недвижимого имущества и иные сведения, необходимые для исчисления налогов.

2. Модель

Процедура проектирования межцеховых технологических маршрутов заключается в следующем:

1. группирование объектов производства по конструктивно-технологическим признакам с определением деталей-представителей и расчетных программ для данных групп;
2. определение состава и последовательности реализации технологических этапов обработки для деталей-представителей;
3. оптимальное перераспределение однородных групп деталей между цехами и производственными участками в соответствии с этапами обработки.

Принятие решений в рамках первых двух процессов не является многовариантной задачей. Закрепление же групп технологически однородных групп деталей за конкретными производственными подразделениями – это достаточно трудоемкая и многовариантная задача, правильное решение которой во многом определяет эффективность производственного процесса. Задача усложняется серийным характером производства, предполагающим большую номенклатуру изготавливаемых деталей. Предлагаемый метод структурной оптимизации, использующий линейную модель, направлен на решение данной задачи.

В рамках решаемой задачи рассматриваются две группы исходных данных:

– множество однотипных подразделений предприятия $\mathbf{C} = \{c_j\}$, $j = [1, k]$ с заданным отображением $\alpha : \mathbf{C} \to \mathbf{M} = \{m_j\}, j = [1, k]$, где m_j – производственная мощность соответствующего j-го подразделения (цеха, участка), измеряемая в нормо-часах; k – количество этих подразделений;
– множество групп технологически однородных деталей $\mathbf{D} = \{d_i\}$; $i = [1, q]$ с заданными отображениями:

4. $\beta : \mathbf{D} \to \mathbf{N} = \{n_i\}$, $i = [1, q]$ (n_i – приведенная к детали-представителю годовая расчетная программа выпуска соответствующей i-й группы; q – количество групп деталей);
5. $\gamma : \mathbf{D} \to \mathbf{T} = \{t_i\}$, $i = [1, q]$ (t_{ij} – станкоемкость изготовления детали-представителя i-й группы в j-м производственном подразделении, н-час).

Кроме этого фиксируются данные о недопустимости распределения определенных групп деталей в те или иные производственные подразделения по каким либо соображениям (например, в связи с отсутствием необходимого технологического оборудования).

Требуется для $\forall\ c_j (j = [1, k])$ определить вектор $\mathbf{Y}_j = \{y_{ij}\}$, $i = [1, q]$ (y_{ij} – количество деталей i-й группы, перераспределяемое для изготовления в j-е производственное подразделение).

Поскольку на рассматриваемом иерархическом уровне использовать в качестве критерия оптимизации минимум производственных затрат не предоставляется возможным в силу высокой информационной неопределенности и сложности адекватной оценки этих затрат, то предлагается использовать косвенный критерий в виде равномерности загрузки производственных мощностей, который несомненно влияет на выше названные затраты. Данное условие равномерной загрузки можно записать в виде

$$\omega_1 = \omega_2 = ... = \omega_k , \tag{1}$$

где ωj– относительный резерв мощности j-го цеха, определяемый в свою очередь как

$$\omega_j = \frac{\varepsilon_j}{m_j} = \frac{m_j - \sum_{i=1}^{q} t_{ij} \cdot y_{ij}}{m_j} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{q} t_{ij} \cdot y_{ij}}{m_j}, \tag{2}$$

где ε_j – абсолютный резерв мощности j-го цеха в нормо-часах.

Математическая модель, формирующая допустимое множество принимаемых решений при оптимизации, представляет собой систему линейных уравнений и ограничений. Данная система уравнений состоит из двух групп и формируется следующим образом.

Первая группа уравнений направлена на обеспечение баланса мощностей рассматриваемых цехов. Для $\forall\, c_j \in \mathbf{C}$ записывается соответствующее уравнение

$$\sum_{i=1}^{q} t_{ij} \cdot y_{ij} + \varepsilon_j = m_j,\ j \in [1,k]. \tag{3}$$

Вторая группа системы уравнений направлена на обеспечение баланса расчетных программ групп деталей. Для $\forall\, d_i \in \mathbf{D}$ записывается уравнение

$$\sum_{j=1}^{k} y_{ij} = n_i. \tag{4}$$

Целевая функция, исходя из (1) и в соответствие с критерием оптимизации, имеет вид

$$F = \left|\delta_{1,2}\right| + \left|\delta_{2,3}\right| + \ldots + \left|\delta_{k-1,k}\right| \to \min, \tag{5}$$

где слагаемые определяются как

$$\delta_{j-1,j} = \omega_{j-1} - \omega_j,\ j \in [1,k]. \tag{6}$$

Система ограничений, во-первых, определяет неотрицательность значений искомых объемов выпуска распределяемых объектов производства

$$y_{ij} \geq 0,\ i \in [1,q],\ j \in [1,k]. \tag{7}$$

Во-вторых, накладываются ограничения на величину объема выпуска объектов производства для всех случаев, когда *i*-я группа не может изготавливаться в *j*-м производственном подразделении, о чем было сказано выше:

$$y_{ij} = 0 \tag{8}$$

для всех изначально заданных подобных сочетаний i и j.

Поиск оптимальных значений элементов матрицы $\left\|y_{ij}\right\|$ легко реализуется симплексным методом линейного программирования с использованием в качестве неизвестных переменных также переменные $\{\varepsilon_j\},\ j \in [1,k]$ и $\{\delta_{j-1,j}\},\ j \in [2,k]$.

Заключение

Описанный метод оптимизации практически легко реализуем в любом современном компьютерном приложении, поддерживающем расчеты методом линейного программирования. Для проверки его эффективности, практической применимости и адекватности получаемых результатов были выполнены тестовые расчеты в рамках расцеховки изделий на предприятиях различной отраслевой принадлежности с использованием надстройки «Поиск решения» приложения MS Excel. Полученные результаты подтвердили сходимость оптимизационной процедуры на предложенной модели с получением оптимального решения.

Таким образом, полученные результаты

- подтвердили сходимость оптимизационной процедуры на предложенной модели с получением оптимального решения;
- расширяют аналитические возможности в принятии оптимальных решений на ответственном этапе жизненного цикла наукоемких изделий – технологической подготовки их производства.

Список литературы

1. Левин, А. И. Информационные технологии управления конкурентоспособностью наукоемкой продукции. Часть 1: Концептуальные принципы / А. И. Левин, Е. В. Судов // Технологии приборостроения.– 2005.– №2.– С. 28-41.

2. Анфёров, М. А. Системная оптимизация наукоемких технологий / М. А. Анфёров // Авиационная техника: Известия вузов.– 2002.– № 2.– С. 57-60.

3. ГОСТ 14.004–83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. – Введ. 1983-02-09. – М: Стандартинформ, 2009. – 8 с.

Моделирование технологии распределённых реестров

А. В. Вахранев, email: anton22255@yandex.ru
А.Ф. Ерешко, email fereshko@yandex.ru

ВЦ РАН ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *Рассматриваются вопросы моделирования технологии распределённого реестра. Изучены основные понятия данной технологии. Приведен алгоритм работы распределенного реестра.*

Ключевые слова: *технология распределённого реестра, блокчейн, протокол, коалиция.*

Введение

В настоящее время финансовый сектор переживает серьезную трансформацию, вызванную быстрым развитием и распространением новых технологий. Ключевая технология - это технология распределенного реестра (distributed ledger technology или DLT) или блокчейн, которая получила широкое во всех областях финансового сектора, включая платежи и финансовую инфраструктуру, потребительское кредитование и кредитование, страхование, управление инвестициями и венчурное финансирование.

1. Взаимодействие участников коалиции

Будем называть Коалицией сообщество участников, действующих по принятым сообществом правилам, которые опишем в терминах теории игр и исследования операций. Консенсус теоретически здесь достигается путём выбора такого правила распределения общих возможностей, который удовлетворяет всех участников. Суть вычислительной системы, составляющей блокчейн Коалиции, состоит в алгоритмическом выполнении формальных правил – алгоритмов, при этом обеспечивается децентрализация действий участников сети, которые ведут в соответствии с Координирующим алгоритмом к достижению централизованно выработанной цели.

Поставим задачу моделирования процесса функционирования такой Коалиции и её модификаций. В другой терминологии мы рассматриваем моделирование блокчейна, понимая, что блокчейн – это одноранговая сеть, предназначенная для заключения договоров между участниками. Специфика договоров зависит от конкретного содержания

© Вахранев А. В., Ерешко А. Ф., 2020

взаимодействия участников. Перевод криптовалюты между участниками коалиции тоже интерпретируется как реализация договора на передачу собственности.

Мы полагаем, что некоторые свойства таких организаций можно исследовать, имитируя работу блокчейна коалиции на компьютерной реализации модели. Кроме того, модели доставляют удобную форму для обсуждения дальнейших модификаций организационной структуры.

Участники сети связаны друг с другом двунаправленными дугами. Дуги моделируют каналы связи, по которым передаётся информация.

Информация в договорах шифруется посредством современных криптографических методов, хешируется. Блокчейн имеет блочную структуру, блоки нужны для фиксирования общего согласия относительно новых порций информации. Здесь согласие, консенсус достигается за счёт работы в конкурентной среде над новым блоком множеством старателей-майнеров. Работа майнеров направлена на поддержание работы системы, которая заключается в формировании новых блоков. В системе циркулируют транзакции участников. После валидации и добавления в блокчейн нового блока (или блоков, пришедших в ответ на обратный запрос), узел (участник) немедленно, т.е. на том же шаге t, приступает к майнингу нового блока, включая в него все оставшиеся в пуле неучтённые транзакции.

Каждый блок характеризуется его номером и уникальным идентификатором (именем). Он содержит пронумерованные имена предыдущих блоков и множество включённых в него транзакций.

2. Состояния участников

Введем понятие состояния участника и опишем его изменения в терминах блокчейна.

Состояние участника определим через

$$\left[\left\{B_n(k,t)\right\},\left\{B^1_{n+1}(k,t),...\right\}\right], \tag{1}$$

где $\left\{B_n(k,t)\right\}$ –это цепочка блоков, которой участник k располагает в момент времени t, $\left\{B^1_{n+1}(k,t),...\right\}$–блоки кандидаты, с которыми работает в данный момент участник k. Блок кандидат $B^1_{n+1}(k,t)$ может сгенерировать сам участник или получить от других участников.

Любой блок B_n состоит из ссылки на предыдущий блок B^*_{n-1}, набора транзакций $\{t_i\}$ и решения задачи r:

$$B_n = \left[B^*_{n-1},\{t_i\},r\right]. \tag{2}$$

В каждый момент времени участник выполняет определенную деятельность, например, принимает или генерирует блок. Совокупная деятельность участников влияет на состояние конкретного участника. Далее опишем возможные действия участников системы и изменения состояний участника системы.

Генерация блока G. Для добавления новых записей в распределенных реестр необходима генерация новых блоков, которые и будут содержать изменения, вносимые в реестр. Обозначим операцию генерации блока как G. Генерация блока заключается в том, что участник k формирует множество транзакций $\{t_i\}$ из пула транзакций и составляет из них блок:

$$B_{n+1}^1 = \left[B_n^* \{t_i\}, \ldots \right]. \quad (3)$$

Для того чтобы блок B_{n+1}^0 можно было добавить в цепочку необходимо решить задачу и подобрать r.

Изменение состояния:

$$\left[\{B_n(k,t)\}, \{\varnothing\} \right] \to \left[\{B_n(k,t+\Delta)\}, \ \{B_{n+1}^0\} \right]. \quad (4)$$

Решение задачи S. Обозначим операцию решения задачи майнинга как S. Решение задачи – это подбор соответствующего значения r. Сформировав блок на предыдущем шаге, участнику необходимо подобрать такое r^*, которое бы удовлетворяло условию:

$$H(B_{n+1}^0, r^*) < d, \quad (5)$$

где d -параметр системы, H-функция хеша. Подбор происходит итеративно: участник пробует одно значение, в случае неудачи переходит к другому. Так повторяется до тех пор, пока участник не найдет соответствующее значение r^* или не получит следующий блок цепочки.

Изменение состояния:

$$\left[\{B_n(k,t)\}, \left\{ \left[B_n^0 \{t_i\}, r_q \right] \right\} \right] \to \left[\{B_n(k,t+\Delta)\}, \left\{ \left[B_n^0 \{t_i\}, r_{q+1} \right] \right\} \right]. \quad (6)$$

Получение блока R. Обозначим операцию получения блока от другого участника как R. При получении блока от другого участника p, участник принимает готовый блок с подобранным решением r^* для блока $B_{n+1}(p,t)$, который собрал участник p. Участнику, принявшему блок необходимо убедиться в его корректности.

Изменение состояния:

$$\left[\left\{B_n(k,t)\right\},\left\{\left[B_n^0\{t_i\},r_q\right]\right\}\right]\rightarrow$$
$$\left[\left\{B_n(k,t+\Delta)\right\},\left\{\left[B_{n+1}^0(k,t+\Delta),\{t_i\},r_{q+1}\right],\left[B_n^1(p,t+\Delta),\{t_i\},r_z\right]\right\}\right]. \quad (7)$$

Валидация полученного блока V. Обозначим операцию проверки валидности блока, который пришел от другого участника, как V. При получении блока $B_{n+1}(p,t)$ от другого участника p необходимо убедиться в его корректности: проверить все транзакции в блоке, проверить ссылку на предыдущий блок и проверить, что найденное r^* действительно является решением.

Изменение состояния:

$$\left[\left\{B_n(k,t)\right\},\left\{\left[B_n^0,\{t_i\},\ r_q\right],\left[B_n^1(p,t),\{t_i\},r_z\right]\right\}\right]\rightarrow$$
$$\left[\left\{B_n(k,t+\Delta)\right\},\left\{\left[B_n^0(k,t+\Delta),\{t_i\},r_{q+1}\right]\right\}\right] \quad (8)$$

или

$$\left[\left\{B_n(k,t)\right\},\left\{\left[B_n^0,\{t_i\},\ r_q\right],\left[B_n^1(p,t),\{t_i\},r_z\right]\right\}\right]\rightarrow$$
$$\left[\left\{B_n(k,t)\right\},\left\{\left[B_n^1(p,t+\Delta),\{t_i\},r_z\right]\right\}\right]. \quad (9)$$

(блок от другого участника либо отвергается, либо принимается)

Добавление блока в локальный блокчейн A. Обозначим операцию добавления нового блока как A. После всех проверок найденный или полученный блок B_{n+1}^*, необходимо добавить в свой локальный блокчейн $\left\{B_n(k,t)\right\}$.

Изменение состояния:

$$\left[\left\{B_n(k,t)\right\},\left\{\left[B^*{}_{n,}\{t_i\},\ r_q\right]\right\}\right]\rightarrow\left[\left\{B_{n+1}(k,t+\Delta)\right\},\{\varnothing\}\right]. \quad (10)$$

Пересылка блока T. Обозначим операцию пересылки блока другим участникам системы как T. Пересылка блока позволяет участникам обмениваться информацией о новых блоках среди участников сети. Для этого каждый участник пересылает соседним узлам, с которыми у него есть связь найденный или полученный блок:

$$B_{n+1}(k,t)=\left[B_n^*,\{t_i\},r_q\right]. \quad (11)$$

Изменение состояния:

$$\left[\left\{B_{n+1}(k,t)\right\},\{\varnothing\}\right]\rightarrow\left[\left\{B_{n+1}(k,t+\Delta)\right\},\{\varnothing\}\right]. \quad (12)$$

3. Состояния участников

Как отмечалось ранее изменение состояния участника определяется действами самого участника и других участников системы. Можно записать управление для участника k :

$$f(k,t) = \langle u(k,t), h(k,t), v(k,t) \rangle, \tag{13}$$

где $f(k,t)$ обозначает одно из возможных действий участника k в момент времени t. $u(k,t)$ обозначает внутреннюю активность участника k в момент t, которая состоит из действий G, S, V, A; $h(k,t)$ обозначает внешнее воздействие других участников на участника k в момент времени t, которое составляет действие R; $v(k,t)$ обозначает влияние участника k на других участников системы в момент времени t , которое составляет действие T.

Активность участников определяется формальными правилами, заложенными в системе, которые определяют порядок или последовательность действий необходимых для добавления записей в блокчейн. В общем виде граф на рис.1 представляет переходы между действиями для участников. Направление дуги обозначают смену операции.

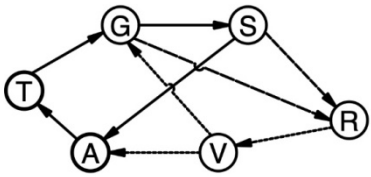


Рис. 1. Граф переходов между операциями участников.

Операции S, G могут прерываться получением нового блока: в этот момент участнику уже нет смыла продолжать генерировать свой блок, так как его опередил другой.

4. Состояние системы

Состояние системы определяется как объединение всех состояний участников. Пусть в момент времени t состояние участника k –

$$m_k(t) = \left[\{B_n(k,t)\}, \{B^1_{n+1}(k,t), \ldots\} \right]. \tag{14}$$

Тогда состояние системы в момент времени t :

$$M_t = \{m_k(t)\}. \quad (15)$$

Представляет интерес изменение состояния системы в течении времени. Изменения определяются активностью всех участников. Пусть $A_t, G_t, T_t, V_t, S_t, R_t -$ это количество участников, которые заняты соответствующими активностями A, G, T, V, S, R в момент времени t. Для того, чтобы посчитать количество участников, надо просуммировать число участников в каждом из состояний в момент времени t. Аналогичное действие можно выполнить и для времени $t+1$. Зная переходы от одной активности к другой и имея два набора $(A_t, G_t, T_t, V_t, S_t, R_t)$ и $(A_{t+1}, G_{t+1}, T_{t+1}, V_{t+1}, S_{t+1}, R_{t+1})$, можно записать уравнения изменения количества участников, выполняющих активности:

$$G_{t+1} = G_t + \gamma(t)T_t + \xi(t)V_t - \alpha(t)G_t - \beta(t)G_t; \quad (16)$$

$$S_{t+1} = S_t + \alpha(t)G_t - \mu(t)S_t - \pi(t)S_t; \quad (17)$$

$$R_{t+1} = R_t + \pi(t)S_t + \beta(t)G_t - \sigma(t)R_t; \quad (18)$$

$$V_{t+1} = V_t + \sigma(t)R_t - \xi(t)V_t - \tau(t)V_t; \quad (19)$$

$$A_{t+1} = A_t + \tau(t)V_t + \mu(t)S_t - \theta(t)A_t; \quad (20)$$

$$T_{t+1} = T_t + \theta(t)A_t - \gamma(t)T_t; \quad (21)$$

где $\alpha(t)$ –доля тех, кто переходит от активности G к активности S, $\beta(t)-$ это доля тех, кто переходит от активности G к R, $\mu(t)$ –доля тех, кто переходит от активности S к A, $\pi(t)$ – доля тех, кто переходит от активности S к активности R, $\xi(t)$ –доля тех, кто переходит от активности V к G, $\tau(t)$ –доля тех, кто переходит от активности V к A, $\sigma(t)$ –доля тех, кто переходит от активности R к V, $\theta(t)$ –доля тех, кто переходит из состояния A в состояние T, $\gamma(t)$ –доля тех, кто переходит от активности T к G. Отметим, что $\alpha(t), \beta(t), \pi(t), \mu(t), \xi(t), \tau(t), \sigma(t), \theta(t), \gamma(t)$ зависят от момента времени t.

Полученная система соотношений позволяет выработать алгоритмы определения нежелательных событий в системе распределенного реестра блокчейн и провести вычислительные

эксперименты. Эти эксперименты базируются на технологии метода Монте-Карло. Обработка и проведение экспериментов составляет содержание следующих исследований.

Список литературы

1. Antonopoulos, A. M. Mastering Bitcoin. Unlocking digital cryptocurrencies / A. M. Antonopoulos; O'Reilly Media, Inc., 2014. – 272 p

2. Ерешко, Ф.И. Размышления о технологии блокчейн. / Ерешко Ф.И. // Цифровая экономика, 2018. № 4 (4). С. 24–30.

3. Ерешко, А. Ф., Модель Технологии распределённых реестров / Ерешко А. Ф., Вахранев А. В. // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): Материалы XI Международной конференции (Москва, 1–3 октября 2018): в 2 т. – М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 1. С. 407–410.

4. Ерешко, А. Ф. Балансовые модели технологии распределённых реестров. Части 1, 2 / Ерешко Арт. Ф., Вахранев А. В. // IX Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2018): Труды (Москва, 22–27 октября 2018). – М.: МАКС Пресс, 2018. Т. 2. С. 311–316.

Математическая модель процесса горения электрической дуги в сталеплавильной печи переменного тока

Б.С. Дмитриевский, E-mail: terehova.aa@mail.tstu.ru
А.В. Башкатова, А.А. Терехова

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *С целью построения модели, наиболее точно отражающей технологический процесс в дуговой сталеплавильной печи, на основе работ по данной тематике представлена модель горения электрической дуги, учитывающая изменение длины дуги при плавлении вследствие непрерывно меняющейся геометрии, состояния окружающей среды межэлектродного промежутка. Проведена проверка адекватности модели.*

Ключевые слова: *сталеплавильная печь, электрическая дуга, модель, параметры модели.*

Введение

Для анализа сталеплавильной печи переменного тока как объекта управления необходимо получить модель, описывающую процесс горения дуги, а именно зависимость электрического режима (значения тока и напряжения на дуге) от изменения длины дуги и вторичного напряжения трансформатора.

Для рассмотрения процесса воспользуемся схемой замещения электрической цепи однофазной дуги. Из-за сложности процессов, происходящих в печи, введены следующие допущения:

- мгновенные значения напряжения дуги за время её горения в каждом полупериоде примем равными постоянному значению;
- дуга переменного тока будет заменена активным сопротивлением r и включенной в цепь индуктивностью L.

Подобные допущения позволяют учесть нелинейность дуги переменного тока и получить наиболее близкие значения к действительным результатам [1].

1. Разработка модели

Положим, что в цепи дуги протекает переменный ток:

$$U = U_m \sin(\omega t + \phi)^{1} \quad (1)$$

при этом частота (ω) задана источником питания, а в дуге через каждый полупериод меняется полярность (катод и анод меняются местами). С

© Дмитриевский Б.С., Башкатова А.В., Терехова А.А.

учетом введенных допущений для расчета мгновенных значений тока необходимо решить уравнение:

$$U_m \sin \omega t - U_d = ir + x\frac{di}{d\omega t} \qquad (2)$$

здесь индуктивное падение напряжения в цепи дуги [1-3].

$$x\frac{di}{d\omega t} = \frac{x}{\omega}\frac{di}{dt} = L\frac{di}{dt} \qquad (3)$$

Уравнение (2) решается аналитически методом подстановки, заменяя переменную *i* через произведение двух новых переменных *lk*:

$$U_m \sin \omega t - U_d = lkr + xk\frac{dm}{d\omega t} + xl\frac{dn}{d\omega t}. \qquad (4)$$

Приравнивая в этом уравнении нулю сумму двух первых слагаемых правой части уравнения, после сокращения и разделения переменных получаем:

$$\frac{dl}{l} = -\frac{r}{x}d\omega t. \qquad (5)$$

После интегрирования

$$\ln l = -\frac{r}{x}\omega t + \ln C, \qquad (6)$$

или окончательно

$$l = C_1 e^{-\frac{r}{x}\omega t} = C_1 e^{-\omega t * ctg\phi}. \qquad (7)$$

Остаток уравнения (3) после умножения на $d\omega t$ и подстановки значения *l* принимает вид:

$$U_m \sin \omega t d\omega t - U_d d\omega t = xC_1 e^{-\omega t ctg\phi} d\omega t. \qquad (8)$$

Разделение переменных позволяет получить:

$$\frac{U_m}{xC_1} e^{\omega t ctg\phi} \sin \omega t d\omega t - \frac{U_d}{xC_1} e^{\omega t ctg\phi} d\omega t = dk^*. \qquad (9)$$

Интегрируя и выполняя преобразования получим:

$$k = \frac{e^{\omega t ctg\phi}}{C_1}\frac{U_m}{z}\sin(\omega t - \phi) - \frac{e^{\omega t ctg\phi}}{C_1}\frac{U_d}{r} + C_2. \qquad (10)$$

Мгновенное значение тока дуги рассчитываем как произведение *l* и *k*:

$$i = \frac{U_m}{z}\sin(\omega t - \phi) - \frac{U_d}{r} + Ce^{-\omega t ctg\phi}, \qquad (11)$$

где z – полное сопротивление

$$z = \sqrt{r^2 + x^2} \tag{12}$$

и

$$\phi = arctg\,\frac{x}{r}\,. \tag{13}$$

Уравнение (13) удобнее придать другой вид:

$$i = \frac{U_m}{z}\left[Ce^{-\omega t ctg\phi} + \sin(\omega t - \phi) - \frac{U_d}{U_m \cos\phi} \right]. \tag{14}$$

где U_m – амплитудное линейное напряжение, В;
U_d – фазное средневыпрямленное напряжение дуги (вторичное напряжение трансформатора), В;
z – полное сопротивление, Ом;
C – произвольная постоянная, характеризующая максимальное значение свободного тока переходного процесса;
$cos\varphi$ – коэффициент мощности.

Произвольная постоянная C в этом уравнении, характеризующая максимальное значение свободного тока переходного процесса, вычисляется исходя из начальных условий, отвечающих моменту зажигания дуги [1-3]:

$$\omega t' = \arcsin\frac{U_d}{U_m} \text{ и } i = 0\,. \tag{15}$$

При определенных параметрах напряжения горения дуги и питающего напряжения, задавая различные значения ωt в уравнение (14), можно вычислить ток дуги, отвечающий выбранному моменту времени, а следовательно получить основные параметры дуги. Учтем так же, что $\cos\phi$, необходимый для расчетов, определяется параметрами печного трансформатора.

Значение напряжение дуги определяется следующими формулами:

$$\mathrm{u} = \begin{cases} R_{s1} i, & -i_1 \le i \le i_1 \\ R_{s2} i + u_{zag}\left(1 + \dfrac{R_{s2}}{R_{s1}}\right), & i_1 < i \le i_2 \\ R_{s2} - u_{zag}\left(1 - \dfrac{R_{s2}}{R_{s1}}\right), & -i_2 \le i \le -i_1 \end{cases}, \tag{16}$$

где

$$i_1 = \frac{u_{zag}}{R_{s1}}, \tag{17}$$

и

$$i_2 = \frac{u_{gash}}{R_{s2}} - u_{zag}\left(\frac{1}{R_{s2}} - \frac{1}{R_{s1}}\right), \tag{18}$$

R_{s1} – сопротивление дуги на 1-ом участке характеристики, Ом,
R_{s2} – сопротивление дуги на 1-ом участке характеристики, Ом,
u_{zag} – напряжения зажигания дуги, В,
u_{gash} – напряжение гашения дуги, В.

Расчет полного сопротивления можно произвести по формулам:

$$z = \sqrt{R^2 + X^2}, \tag{19}$$

и

$$tg\phi = \frac{X}{R}. \tag{20}$$

где R – активное сопротивление, Ом; X – индуктивное сопротивлении, Ом.

Как упоминалось ранее возможность оперативного изменения электрического режима возможно изменением длины дуги. Для получения зависимости полного сопротивления дуги от длины воспользуемся следующими формулами [1]:

$$l_d = \frac{1}{\beta}(\sqrt{U_m^2 - (I*x)^2} - I*r - \alpha), \tag{21}$$

где

$$\beta = \frac{dU}{dl}, \tag{22}$$

l_d – длинна дуги, мм;

α – по Хитрику и Чуйко для дуговых печей составляет 9-30В (для электродов уголь-сталь 22В, уголь-основной шлак 9В, уголь-кислый шлак 30В);

β – градиент напряжения по длине дугового промежутка, В/мм;

x – индуктивное сопротивление, Ом;

r – активное сопротивление, Ом;

U_m – амплитудное линейное напряжения дуги, В;

I – сила тока дуги, А.

Точность математической модели процессов, протекающих в аппарате, оценивается по следующим величинам:

$$\varepsilon_1 = \max_{\zeta} \frac{\left| \left(x_i\right)_{\zeta}^{\text{р}} - \left(x_i\right)_{\zeta}^{\text{э}} \right|}{\overline{\left(x_i\right)}^{\text{э}} - \underline{\left(x_i\right)}^{\text{э}}}, \quad \zeta = \overline{1, n_1}, \; i = 1, 3 \tag{23}$$

$$\varepsilon_2 = \max_{\zeta} \frac{\left| \left(y_i\right)_{\zeta}^{\text{р}} - \left(y_i\right)_{\zeta}^{\text{э}} \right|}{\overline{\left(y_i\right)}^{\text{э}} - \underline{\left(y_i\right)}^{\text{э}}}, \quad \zeta = \overline{1, n_2}, \; i = 1, 3 \tag{24}$$

$$\varepsilon_3 = \max_{\zeta} \frac{\left| \left(T\right)_{\zeta}^{\text{р}} - \left(T\right)_{\zeta}^{\text{э}} \right|}{\overline{\left(T\right)}^{\text{э}} - \underline{\left(T\right)}^{\text{э}}}, \quad \zeta = \overline{1, n_3}, \tag{25}$$

где $\left(x_i\right)_{\zeta}^{\text{э}}$ – экспериментальное значение x_i в ζ-й момент времени; $\left(x_i\right)_{\zeta}^{\text{р}}$ – значение x_i, рассчитанное по модели в ζ-й момент времени; $\overline{\left(x_i\right)}^{\text{э}}$, $\underline{\left(x_i\right)}^{\text{э}}$ – максимальное и минимальное значение x_i; $\left(y_i\right)_{\zeta}^{\text{э}}$ – экспериментальное значение y_i в ζ-й момент времени; $\left(y_i\right)_{\zeta}^{\text{р}}$ – значение y_i, рассчитанное по модели в ζ-й момент времени; $\overline{\left(y_i\right)}^{\text{э}}$, $\underline{\left(y_i\right)}^{\text{э}}$ – максимальное и минимальное значение y_i; $\left(t\right)_{\zeta}^{\text{э}}$, $\left(t\right)_{\zeta}^{\text{р}}$ – экспериментальное и расчетное значения t в ζ-й момент времени $\overline{\left(t\right)}^{\text{э}}$, $\underline{\left(t\right)}^{\text{э}}$ – максимальное и минимальное значение t.

В уравнения математической модели входят неизвестные в общем случае переменные a_i, b_i, $i = 1, 3$. Таким образом $\mathbf{a} = (a_i, b_i)$. Определяется неотрицательная выпуклая функция:

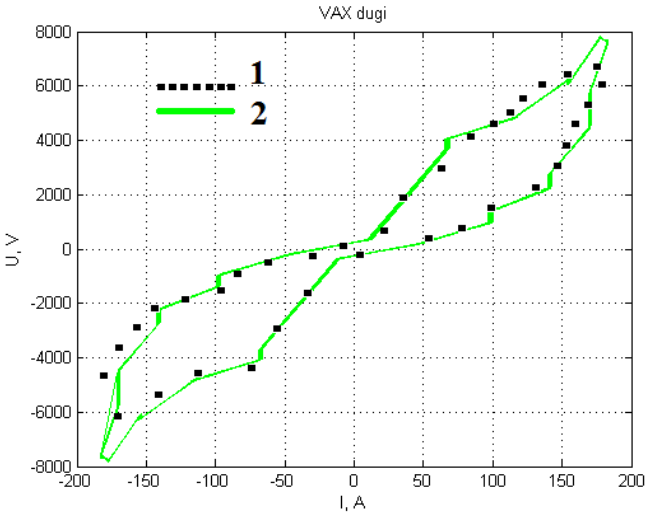
$$F(\mathbf{a}) = \sum_{s=1}^{S} \sum_{\zeta=1}^{n_1} \left(\frac{\left(x_i(\mathbf{a})\right)_{\zeta s}^{\text{р}} - \left(x_i\right)_{\zeta s}^{\text{э}}}{\overline{\left(x_i\right)}_s^{\text{э}} - \underline{\left(x_i\right)}_s^{\text{э}}} \right)^2 + \sum_{s=1}^{S} \sum_{\zeta=1}^{n_1} \left(\frac{\left(y_i(\mathbf{a})\right)_{\zeta s}^{\text{р}} - \left(y_i\right)_{\zeta s}^{\text{э}}}{\overline{\left(y_i\right)}_s^{\text{э}} - \underline{\left(y_i\right)}_s^{\text{э}}} \right)^2 \tag{26}$$

$$+\sum_{s=1}^{S}\sum_{\zeta=1}^{n_2}\left(\frac{\left(t(\mathbf{a})\right)^{\text{р}}_{\zeta s}-\left(t\right)^{\text{э}}_{\zeta s}}{\overline{\left(t\right)}^{\text{э}}_{s}-\underline{\left(t\right)}^{\text{э}}_{s}}\right)^2$$

где $\left(t\right)^{\text{э}}_{\zeta s}$, $\left(t\right)^{\text{р}}_{\zeta s}$ – экспериментальное и рассчитанное по модели значения тока дуги ζ – тый момент времени в s – том эксперименте; $\overline{\left(t\right)}^{\text{э}}_{s}$, $\underline{\left(t\right)}^{\text{р}}_{s}$ - верхние и нижние границы изменения длины дуги в s – том эксперименте; $\left(x_i\right)^{\text{э}}_{\zeta s}$, $\left(x_i\right)^{\text{р}}_{\zeta s}$ - экспериментальное и рассчитанное по модели значения напряжения дуги в ζ – тый момент времени в s – том эксперименте; $\overline{\left(x_i\right)}^{\text{э}}_{s}$, $\underline{\left(x_i\right)}^{\text{э}}_{s}$ - верхняя и нижняя границы изменения напряжение трансформаторов s – том эксперименте; $\left(y_i\right)^{\text{э}}_{\zeta s}$, $\left(y_i\right)^{\text{р}}_{\zeta s}$ - экспериментальное и рассчитанное по модели значения в ζ – тый момент времени в s – том эксперименте; $\overline{\left(y_i\right)}^{\text{э}}_{s}$, $\underline{\left(y_i\right)}^{\text{э}}_{s}$ - верхняя и нижняя границы изменения тока в s – том эксперименте.

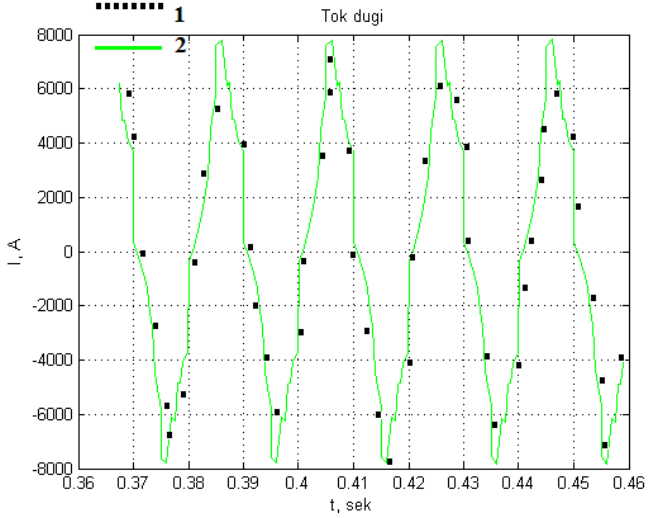
Обратная задача определения параметров a_i, b_i, $i=1,3$; таких, что (26) достигает на них своей нижней грани, относится к классу устойчивых конечномерных задач, которые всегда имеют решение, возможно не единственное. Это решение находят тем или иным итерационным методом поиска минимума функции m переменных, где m – размерность вектора $\mathbf{a}$.

Определение параметров модели проводилось методом сканирования в возможной области их изменения. Результаты приведены на рис.1- 3.



1 – экспериментальная; 2 – расчетная

Рис. 1. Вольт-амперная характеристика электрической дуги



1 – экспериментальная; 2 – расчетная.

Рис. 2. Осциллограмма тока дуги

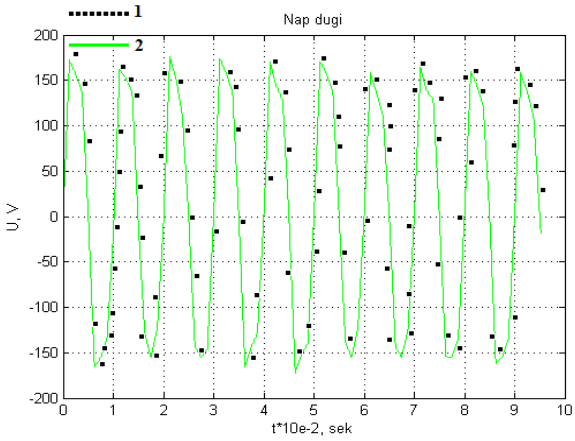


Рис. 3. Осциллограмма напряжения

Сравнительный анализ данных показывает, что модель адекватна, и ошибка модели $O_{\text{м}}$ составляет 15 %.

$$O_{\text{м}} = \frac{1}{S}\left(\sum_{i=1}^{4} \sum_{\zeta=1}^{n_1} \left| \frac{\left(x_i(\mathbf{a})\right)_\zeta^{\text{р}} - \left(x_i\right)_\zeta^{\text{э}}}{\overline{\left(x_i\right)^{\text{э}}} - \underline{\left(x_i\right)^{\text{э}}}} \right| + \sum_{\zeta=1}^{n_2} \left| \frac{\left(t(\mathbf{a})\right)_\zeta^{\text{р}} - \left(t\right)_\zeta^{\text{э}}}{\overline{\left(t\right)^{\text{э}}} - \underline{\left(t\right)^{\text{э}}}} \right| \right), \qquad (27)$$

где S – число экспериментов в поверочной выборке.

Заключение

Рассмотренная модель, позволяет получить кривые мгновенного синусоидального тока для приложенного напряжения. В качестве входных параметров выступают длина дуги, коэффициенты свойств электрической дуги, напряжение трансформатора. Выходными параметрами являются значения тока и напряжения дуги при определенной длине.

Список литературы

1. Электрические промышленные печи: Дуговые печи и установки специального нагрева: учебник для вузов/ А.Д. Свенчанский [и др.] – М.: Энергоиздат, 1981. – 296 с.

2. Сойфер, В.М Дуговые печи в сталелитейном цехе / В.М. Сойфер, Л.Н. Кузнецов – М.: «Металлургия», 1989. – 176 с.

3. Лапшин, И.В. Автоматизация дуговых печей / И.В. Лапшин – М.: Московский Институт Стали и Сплавов, 2004. – 166 с.

Математические модели при обустройстве цифровых платформ

Ф. И. Ерешко, fereshko@yandex.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и Управление» РАН

Аннотация. *Рассматриваются проблемы формирования цифровых платформ, как сообщества независимых агентов в конкретной предметной области, обладающих техническими средствам и компьютерными программами для обработки и хранения информации и взаимодействующих в процессе производства, потребления и распределения товаров и услуг. Управление производственной системой с распределённой структурой технологических связей (Сеть) между участниками (игроками) осуществляется Центром.*

Ключевые слова: *вычислительная система, системные модели, проектирование цифровых платформ, архитектура.*

Введение

В настоящее время общество переживает период активного проникновения информационных технологий во все сферы жизнедеятельности, развивается информационное общество, теперь говорят и цифровое общество, и цифровая экономика (digital economy).

В своем Послании Федеральному собранию 1 декабря 2016 г. Президент РФ предложил «запустить масштабную системную программу развития экономики нового технологического поколения, так называемой цифровой экономики» [1].

Следом за предложением президента в декабре 2016 г. была опубликована Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, где впервые дается определение цифровой экономики как деятельности, «в которой ключевыми факторами производства являются данные, представленные в цифровом виде, а их обработка и использование в больших объемах, в том числе непосредственно в момент их образования, позволяет по сравнению с традиционными формами хозяйствования существенно повысить эффективность, качество и производительность в различных видах производства, технологий, оборудования при хранении, продаже, доставке и потреблении товаров и услуг».

© Ерешко Ф.И., 2020

Понятие цифровой платформы в России тесно связано с появлением Программы цифровой экономики России, в которой ставится цель создания не менее 10 цифровых платформ [2-4]. В научной литературе встречаются десятки определений цифровой платформы, исходя из рода деятельности и достигнутых результатов субъектов, дающих собственную трактовку.

1. Понятие цифровой платформы

Развитые западные страны ориентируются на рыночный подход к построению цифровой экономики, где предполагается, что государство создает оптимальные условия, в первую очередь благоприятную среду для ее функционирования, чем стимулирует бизнес к переходу в этот новый сектор. В рыночном подходе к цифровой экономике в настоящее время эксперты Intel определяют понятие «платформа» как «комплексный набор компонентов, который обеспечивает реализацию намеченных моделей использования, позволяет расширять существующие рынки и создавать новые, а также приносит пользователям гораздо больше преимуществ, чем простая сумма составных частей. Платформа включает аппаратное, программное обеспечение и услуги» [5]. Европейская комиссия также определяет онлайн-платформы через призму их функционального назначения, как «поисковые системы, социальные сети, платформы для электронной коммерции, магазины покупки приложений, сайты сравнения цен». J.P. Morgan определяет платформенную экономику как экономическую деятельность с использованием онлайн-посредника, обеспечивающую площадку, посредством которой независимые работники или продавцы могут предоставлять определенный товар или услугу клиентам и определяет, что все платформы имеют четыре общие черты: связывают работников или продавцов непосредственно с клиентами; позволяют людям работать, когда они хотят; продавцы получают оплату сразу после выполнения работы или предоставления товара; оплата проходит через платформу.

2. Цифровая экономика

Цифровая экономика базируется на цифровых компьютерных технологиях, её продукты находят применение (термин сквозные технологии) в разнообразных отраслях реального производства товаров и услуг.

Хотя в определении цифровой экономики упор делается на понимании экономики данных необходимо помнить, что данные – это ресурс, и для их обработки необходимо привлекать инструменты, – алгоритмы. Тогда имеет смысл говорить о цифровой экономике как об

экономике алгоритмов и данных. Вслед за этим, мы обращаемся к понятию математического моделирования. Ведь современные достижения цивилизации напрямую связаны с использованием понятия модели, что нашло своё отражение во всех разделах естествознания и, более широко, культуры.

Цифровая экономика в широком смысле этого слова – это вся экономика, насыщаемая цифровыми продуктами. В результате широкого распространения электричества и внедрения конвейера, начавшегося в конце XIX и продлившегося до начала XX века, возникло новое массовое производство, и можно было говорить об электрической экономике. Точно так же можно было говорить о нефтяной экономике.

Цифровая экономика в узком смысле слова – это экономика, основанная на цифровых компьютерных технологиях, выпускающая цифровые продукты.

Примеры цифровых продуктов – это продукты умственного и с минимальным количеством физического труда, произведенные с использованием интеллектуальных технологий и вычислительных средств: это числа π и e, физические и химические константы, алгоритм Евклида, пси-функция Шредингера, эффект ядерной зимы, результаты вычислительных экспериментов. В ряду этих продуктов находятся теперь и цифровые валюты.

Цифровые технологии, основанные на аппаратном и программном обеспечении и сетях, не являются новшеством, но с каждым годом уходя все дальше от третьей промышленной революции, становятся все более усовершенствованными и интегрированными, вызывая трансформацию общества и глобальной экономики. (К.Шваб).

Технологической базой Цифровой экономики являются вычислительные комплексы, оснащённые специальным программным обеспечением на основе математических моделей, вычислительные платформы.

Многие мыслители предвосхищали наступление новой эпохи, один из ярких футурологов – Э. Тоффлер. Его книга [6], в английском издании «The Third Wave: The Classic Study of Tomorrow», 1980 г. в изложении Н.Н.Моисеева на семинарах, оставила свой след в нашем сознании, но имела в то время характер далёкого и абстрактного образа будущего мира. Тем ярче выглядит прочтение этих мыслей сейчас.

Книга-манифест [7] Клауса Шваба, лидера Давоса, провозглашающая основной тренд развития мировой экономики в направлении взрывного характера рождения цифровых технологий, убедительно демонстрирует, что современное состояние общества в значительной степени определяется цифровизацией.

В работе [7] приведена фраза «…Дизруптивные изменения, которые несет четвертая промышленная революция, переопределяют деятельность государственных учреждений и организаций… Новые технологии и социальные группировки и взаимодействия, которые ими обеспечиваются, позволяют практически кому угодно оказывать влияние на ситуацию и при этом такими способами, о которых невозможно было бы подумать еще несколько лет назад…»

Одной из таких технологий является технология блокчейн (специальная технология ведения распределённых реестров с использованием криптографических алгоритмов и алгоритмического достижения консенсуса).

Можно предположить, что основой принятия решений в экономике станут вычислительные платформы, отражающие отдельные функциональные отрасли.

3. Блокчейн платформы

Для нас важно, что во всех платформах в наличии имеется модель. Из открытых источников получена на рис. 1 следующая информация о платформах для построения блокчейн-сетей.

Рис. 1. Сравнение платформ для построения блокчейн-сетей

4. Отечественные достижения. Исторический экскурс.

В отечественных работах, которые велись в разных научных школах во многих академических институтах в областях теории управления и поддержки принятия решений были получены значимые результаты в системном анализе, теории оптимизации, исследовании операций, теории игр, моделировании экономических процессов, теории управления [8–14]. В книге [14], в которой были суммированы идеи управления экономическими системами, накопленные к тому времени, был принципиально поставлен вопрос о новом значении информации в жизни общества и описана трехуровневая в территориальном аспекте система ЭВМ, которые, накапливая и обрабатывая информацию, генерировали бы проекты государственных планов и реализовывали бы функции принятия решений. Система получила название Общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС).

В художественной форме эти идеи сейчас описываются в американской литературе: https://rg.ru/2016/11/01/v-ssha-vyshla-kniga-o-dostizheniiah-sovetskih-kibernetikov.html,
http://inosmi.ru/science/20161023/238054065.html

«Идея Глушкова заключалась в том, чтобы перейти к эпохе электронного социализма. Он назвал свой невероятно амбициозный проект Общегосударственной автоматизированной системой (ОГАС). Она предназначалась для оптимизации и технологической модернизации всей плановой экономики. Он считал, что такая система должна принимать экономические решения в соответствии с государственными планами, а не по рыночным ценам, однако полагал, что ее работа ускорится благодаря компьютерному моделированию, и она сможет прогнозировать равновесие платежного баланса еще до его достижения. Глушков хотел, чтобы решения принимались оперативнее и с умом, и даже задумывался об электронных деньгах. Ему был нужен кошелек Политбюро».

Вот ещё пример – книга «Как НЕ опутать сетью страну: Непростая история советского Интернета». Ее автор, профессор коммуникационных технологий Университета Тусла Бенжамин Петерс довольно подробно и с большим уважением рассказал о работе выдающихся советских ученых-кибернетиков Виктора Глушкова и Анатолия Китова, которые занимались разработкой передовых электронно-вычислительных технологий.

Американское сообщество исследователей информационно-коммуникационных технологий встретило книгу Петерса с большим интересом. «Она заполнила пробел в истории интернета, подчеркнув, насколько важны преемственность и открытость для сетевых разработок», – заявил профессор Джонатан Зиттрейн из Гарвардского университета. Автор книги, по мнению Зиттрейна, проделал колоссальную работу, представив широкой публике факты, о которых на Западе даже не догадывались. «К примеру, в книге не раз подчеркивается, что и советские, и американские ученые практически одновременно делали важные шаги на пути развития компьютерных технологий. Причем СССР нередко обгонял США. Так в конце 1969 года в Америке была запущена компьютерная сеть ARPANET (прародитель Интернета). В Советском Союзе идею связать ЭВМ единой сетью впервые озвучил Анатолий Китов еще в 1959 году, предложив создать единую автоматизированную систему управления для вооруженных сил. А первые наработки в гражданской сфере появились в 1962 году, когда Виктор Глушков представил проект Общегосударственной автоматизированной системы учета и обработки информации (ОГАС),

которая предназначалась для автоматизированного управления всей экономикой СССР».

Однако этот проект по тем временам был, во-первых, слишком затратным, во-вторых вызвал сильное противодействие системы управления (см. http://zavtra.ru/blogs/tcifrovaya_ekonomika_i_sovetskaya_ekonomika), и в результате не получил поддержки.

Но если в СССР это не получилось, то что же сейчас?

Сейчас не нужно тратить деньги на вычислительную сеть, – уже есть Система распределённых ситуационных центров (СРСЦ) [15], и частным образом общество насыщено смартфонами. Успешно развита теория принятия решений, имеется опыт разработки систем управления социально экономическими системами.

5. Искусственный интеллект

В Указе Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации" принято определение:

«Искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач, результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе в котором используется методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений.

Технологии искусственного интеллекта –технологии, основанные на использовании искусственного интеллекта, включая компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и перспективные методы искусственного интеллекта.

Повышение эффективности процессов планирования, прогнозирования и принятия управленческих решений (включая прогнозирование отказов оборудования и его превентивное техническое обслуживание, оптимизацию планирования поставок, производственных процессов и принятия финансовых решений)»

Одно из определений на заре появления всех терминов, определение Джона Маккарти, одного из основателей Stanford AI Lab (1955) выглядело так: «Искусственный интеллект – инженерно-математическая дисциплина, занимающаяся созданием программ и устройств, имитирующих когнитивные (интеллектуальные) функции

человека, включающие в том числе анализ данных и принятие решений (2007)».

Это акцентировано прозвучало в Указе Президента США https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/ о сохранении американского лидерства в области искусственного интеллекта. Опубликовано 11 февраля 2019.

В этой ссылке, в разделе инфраструктурная технология размещена статья «Почему США нужна стратегия для ИИ?», где повторяются слова из Указа Трампа, очень важные для организации исследований.

«В результате нашего долгосрочного акцента на фундаментальные исследования и разработки, Америка была лидером в ИИ (AI) с момента его создания. Американская инициатива ИИ будет опираться на этот успех, используя нашу НИОКР (R & D), экосистему промышленности, научных кругов и правительства и приоритезируя федеральные инвестиции передовых идей, которые могут принести непосредственную пользу американскому народу. Неотъемлемой частью инициативы станут федеральные агентства, разрабатывающие бюджеты НИОКР в области ИИ для поддержки их основных задач. Но для воплощения этих идей в реальность нам нужна инфраструктура. Для ИИ это означает данные, модели и вычислительные ресурсы».

Это ещё одно подтверждение значимости математического моделирования при проектировании цифровых платформ. Если ставить проблему использования технологий ИИ в задачах управления, прогнозирования, в финансах, то необходимо иметь модели предметных областей, адаптированные к применению схем ИИ. Именно через разработку моделей мы и можем войти в этот тренд.

6. Архитектура вычислительных комплексов цифровых платформ

Прикладной опыт разработки моделей в технико-экономических системах показывает, что структура вычислительных комплексов имеет ярко выраженный иерархический характер. Во главе разработки всегда стоит Главный конструктор.

Хозяйственная система принципиально иерархична, составляющие её подсистемы физически разнородны и управляются человеческими коллективами со своими интересами и своей информированностью.

При разработке сложных проектов Главный конструктор проекта выполняет на верхнем уровне проектирования координирующую роль,- он распределяет ограничения по ресурсам и ставит цели проектных

проработок перед подсистемами, перерабатывающими информацию на нижних уровнях иерархии проектирования.

Имитационная диалоговая система проектирования – это полная система моделей, детально описывающая объект управления. Её обслуживают упрощенные модели (буферный блок), на них проводятся поверочные расчёты для согласования отдельных частей с общей концепцией, модели второго уровня входят в буферный блок, и на их основе Главный конструктор проекта осуществляет завязку проекта.

Тем самым реализуется синтез иерархической структуры математического обеспечения.

7. Прикладные проекты ВЦ РАН

Учитывая реальный запрос общества в те времена, наши усилия были направлены на проектирование реальных систем, имеющих технико-экономическое направление и имеющих в основе иерархический каркас.

Естественно, что прикладные задачи реализовывались под несомненным влиянием идей Учителей Н.Н. Моисеева и Ю.Б. Гермейера.

Таковыми были системы, по крайней мере, в моём окружении: Проектирование боевых истребителей СУ, Проекты рационального использования водных ресурсов, Аграрный Проект.

Для проектирования СУ академик РАН П.С. Краснощёков предложил подход к решению проблемы формирования облика самолёта, сочетающий приёмы реального конструирования с методами исследования операций. Проект самолёта должен обеспечить достижение заданных Тактико-Технических Характеристик (высота, скороподъёмность, маневренность и т.д.), за что отвечает функционирование отдельных подсистем.

Разработанные вычислительные комплексы позволили производить поиск паретовских точек в пространстве критериев ТТХ, и Главный конструктор (оперирующая сторона) получил десятки эффективных наборов паретовских вариантов обликов, неулучшаемых по набору ТТХ с выбранной компоновочной схемой, и мог далее принимать решения на основе своих содержательных представлений.

Формально, он мог улучшать свои дополнительные критерии на паретовском множестве отдельных критериев.

Привожу пример реальной схемы, представленной на рис. 2, послужившей основанием для создания САПР авиационных систем. На этом эскизном реально рабочем рисунке отражены противоречия отдельных подсистем, требования которых должны были быть согласованы Главным конструктором самолёта.

Творчество разработчиков состояло в создании систем математических моделей, описывающих динамику полёта, прочностные характеристики, оснащение системами связи и вооружения, технологические ограничения, система двигателей и в создании процедур поиска компромисса требований, как паретовского множества критериев.

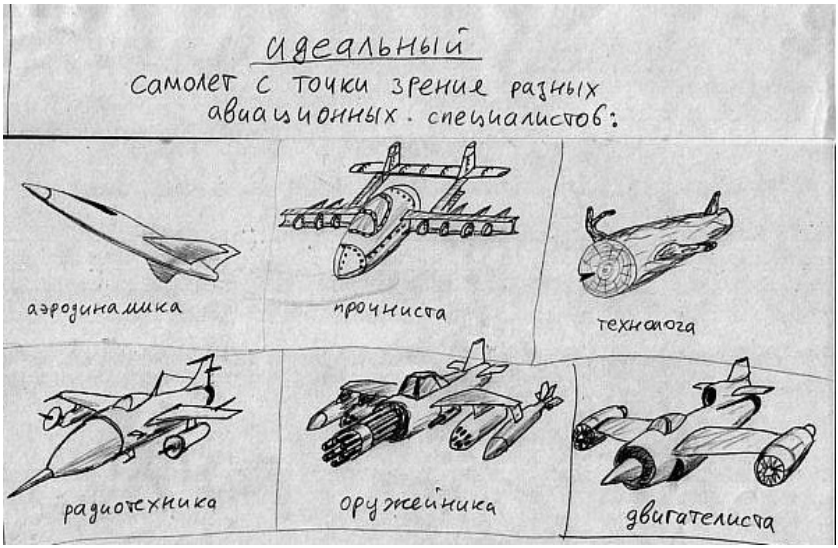


Рис. 2. Основание для создания САПР авиационных систем

Водохозяйственная система (авторский Проект), которая показана на рис. 3 - технико-экономическая система, а не техническая и проектировать её сложнее. Так же, как и техническая, она оценивается по многим показателям качества, но производственные и биологические процессы изучены хуже.

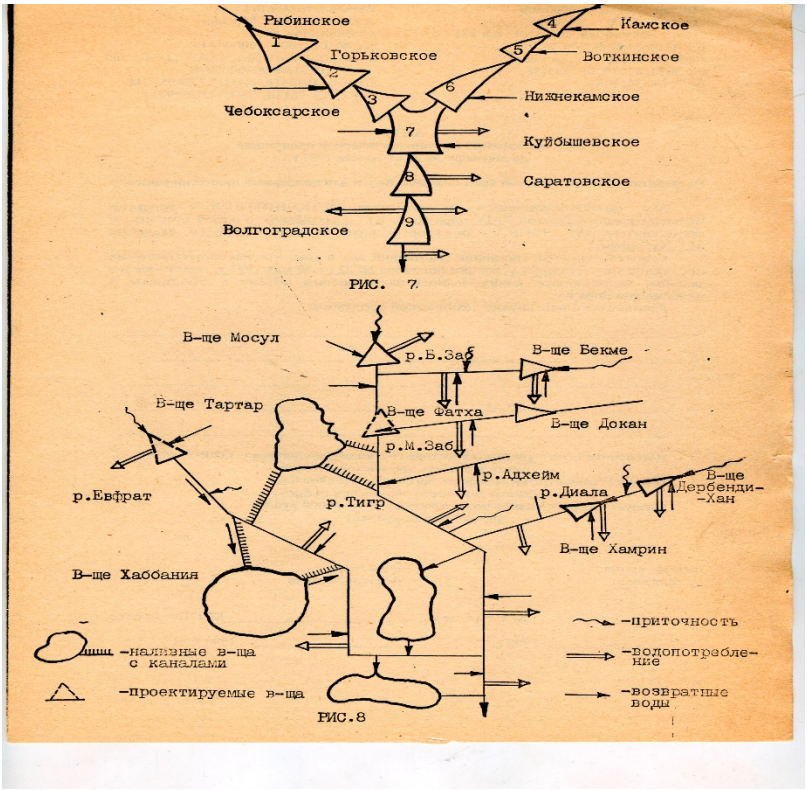


Рис. 3. Водохозяйственные системы Волга-Кама и Двуречье (Тигр и Евфрат)

Водохозяйственная система принципиально иерархична, составляющие её подсистемы физически разнородны и управляются человеческими коллективами со своими интересами и своей информированностью. Это вносит дополнительные трудности, которые отражаются в структуре математического обеспечения автоматизации проектирования

При разработке сложных водных проектов (Генсхемы страны и региона, Схемы бассейна крупной реки) Главный инженер проекта выполняет на верхнем уровне проектирования координирующую роль,- он распределяет плановые задания по выпуску продукции, назначает ограничения по ресурсам и ставит цели проектных проработок перед

отделами, производящими трудоемкие расчеты на нижних уровнях иерархии проектирования.

Имитационная диалоговая система проектирования –это полная модель детально описывающая объект управления (источники водных ресурсов, аграрное производство, гидроэнергетика, рыбное хозяйство, судоходство и т.д.). Её обслуживают упрощенные модели, на них проводятся поверочные расчёты для согласования отдельных частей с общей концепцией, модели второго уровня входят в буферный блок, и на их основе Главный инженер проекта осуществляет завязку проекта.

Тем самым реализуется синтез иерархической структуры математического обеспечения.

Для иллюстрации.

Задача поиска Парето-оптимальных решений ирригационно-энергетического комплекса имеют вид.

Построение эффективных точек в пространстве выпусков с/х продукции потребления α, кормов β и выработки электроэнергии E сводится к следующей задаче

$$E^{opt} = \max_{\{\lambda_t\}} \max_{x \in X(\lambda)} \max_{\{A_t, Q_t\}} E,$$

$$\min \sum_{t=0}^{T-1} \lambda_t A_t, \qquad W_{t+1} = W_t + R_t - A_t - Q_t - I_t,$$

$$A_t = V_t x,$$

$$L_x \le l, P_x \ge \alpha, B_x \ge \beta, \quad W^- \le W_t \le W^+,$$

$$V_t x \le A_t, t = 0, ..., T-1, \quad Q^- \le Q_t \le Q^+,$$

$$W_{t+1} = W_t + R_t - A_t - I_t, \quad 0 \le A_t \le A^+$$

где x - вектор площадей под культурами, A_t - вектор подачи водных ресурсов для ирригации, матрица L определяется способом использования земель и их трансформацией, l - вектор ограничений на земли, P, B - матрицы выхода продукции потребления и кормов с единицы площади, V_t - матрица поливных норм, W_t - текущий объем водохранилища, λ - коэффициенты свертки водопотребления, Q_t - попуски из водохранилища в момент времени t, векторы (α, β) - уровни обеспечения продукцией и кормами, $X(\lambda)$ - множество решений задачи размещения при минимизации водо-потребления

Несмотря на разнородность исходных содержательных посылок, общей КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ основой для сформулированных Проектов является иерархичность структуры системы моделей, входящих в математическое обеспечение. Это предопределило единство методического подхода исследования операций и математического

аппарата, развитого в рамках информационной теории иерархических систем.

Таким образом, общий подход проявился в разработке теоретико-игровых математических моделей сложных систем с иерархической структурой, методов их анализа и способов использования на практике.

8. Современность, сетевой проект БИТКОИН

Проект, по сути, – это организация экономической деятельности, первоначально, в своей задумке создаваемый как вариант платёжной системы для группы частных лиц, действующих децентрализовано, преобразовался в своей последующей реализации в проект, ориентированной на увеличение богатства этих лиц путём производства цифрового продукта (биткоина), имеющего цену на мировом рынке [16-18].

В проекте биткоин принимает участие динамическая коалиция (члены приходят, уходят). Участники входят в коалицию, получая исходное программное обеспечение от Ядра биткоина, начинают его использовать автономно, принимая условия членства в сообществе Проекта Биткоин. Проект состоит из следующих блоков.

Блок производства продукта (майнинг, proof-to-work). При этом решается задача поиска параметра nonce в неравенстве $h(block, nonce) \le d$, где d задаётся алгоритмически по заданной известной всем формуле, h-криптографическая хэш-функция sha256, утверждённая Бюро стандартов США, block –заданная характеристика предыдущей записи участника.

Блок использования продукта (транзакции), задаётся процедурами обмена цифрового продукта на продукты и услуги участников Коалиции.

Блок хранения продукта и транзакций, процедура ведения криптографически защищённых распределённых реестров (технология блокчейн).

Для того, чтобы проиллюстрировать теоретико-игровые задачи, которые там возникают, приведём выдержку из Принстон –лекций .

1. Власть у разработчиков ядра – они пишут правила и почти все пользуются их кодом.
2. Власть у майнеров – они пишут историю и решают, какие транзакции верны (валидны). Если майнеры решат следовать определённому своду правил, практически все будут вынуждены подчиниться.
3. Власть у инвесторов – они покупают и хранят биткоины, так что именно инвесторы решают, что у биткоина есть ценность.

Можно даже сказать, что если разработчики контролируют консенсус правил, а майнеры – консенсус истории, то инвесторы контролируют консенсус ценности.

4. Власть у продавцов и покупателей – они формируют первичный спрос на биткоин.
5. Власть у платёжных операторов – именно они проводят транзакции. Чтобы быть успешной, системе Биткоин необходимы все формы консенсуса – стабильная книга правил, написанная разработчиками, майнинговая мощность, инвестиции, участие покупателей и продавцов и платёжные сервисы, которые их поддерживают.
6. Фонд биткоина (The Bitcoin Foundation). Есть лишь один игрок, напрямую отвечающий за управление биткоином – Фонд биткоина. Он был основан в 2012 в качестве некоммерческой организации и играет две основные роли – финансирование некоторых разработчиков ядра за счёт средств фонда, чтобы те могли работать полный рабочий день над разработкой ПО, и проведение переговоров с властями, особенно с правительством США, в качестве «голоса биткоина».
7. Группа – Коинцентр (Coin Center) была организована в сентябре 2014 г. со штаб-квартирой в городе Вашингтоне, и взяла на себя одну из ролей Фонда – а именно работу с властями. Коинцентр действует как научная организация.

Роль координатора исполняет ЯДРО Проекта, известные разработчики программных систем, члены ядра, они поддерживают программное обеспечение, которое согласует интересы всех игроков участников проекта.

9. Сетевые модели

В последнее время значительно возрос интерес к сетевым моделям, в первую очередь вследствие значительных результатов, полученных при использовании искусственных нейронных сетей, искусственного интеллекта.

В качестве примера подобной постановки приведём сетевое обобщение модели технологических процессов Канторовича-Купманса [19-23].

Рассматривается операция в интересах координирующего Центра.

Центр управляет производственной системой с распределённой структурой технологических связей (примем термин Сеть) между участниками (игроками), отношения участников складываются в соответствии с логикой производства, в соответствии с технологиями производства, определившими конфигурацию сети.

Сеть состоит из узлов и дуг. I - множество узлов i . В узлах сети размещаются активные экономические участники, производители и потребители товаров и услуг.

По дугам распространяется информация, это каналы передачи информации.

I^i_{input} - множество узлов, выходы из которых есть входы в i – ый узел.

Номера узлов в этом множестве обозначим n .

I^i_{output} - множество узлов, входы у которых есть выходы из i – ого узла.

Номера узлов в этом множестве обозначим m .

Рассматривается модель взаимодействия активных элементов (игроков), которые размещаются в узлах сети.

Вследствие заданной конфигурации сети каждый узел (игрок) имеет входы (дуги) и имеет выходы (дуги).

Полученная входная продукция (и соответствующая информация) используется каждым игроком для выработки выходной продукции (и информации), которая поступает на входы заданного множества игроков.

Выходные переменные являются идентификаторами реальных физических продуктов и в соответствии с этим на переменные налагаются ограничения, являющиеся следствием особенностей технологических процессов.

Каждый игрок имеет функцию цели, множество управляемых переменных. Эти множества зависят от переменных множества заданных других игроков, поступающих на вход.

В принципе все игроки разбиты на три группы.

Первая граничная группа I_{input} имеет среди входов параметры от внешнего мира.

Эти параметры в записи, реально это внешние ресурсы, которые поступают в эту систему.

Участник первой группы передаёт информацию о выходных переменных во вторую группу.

Вторая группа связана только с внутренними игроками.

I^i_{input} - множество узлов, выходы из которых есть входы в i - ый узел.

Номера узлов в этом множестве обозначим n .

I^i_{output} - множество узлов, входы у которых есть выходы из i - ого узла.

Номера узлов в этом множестве обозначим m .

Часть игроков второй группы передает информацию в третью группу.

Третья группа, граничная I_{output} посылает выходы во внешний мир.

Общее описание

$\xi_{ij} \geq 0$ интенсивность j - ого технологического процесса i – го участника, $i \in I$.

$\sum_{j \in J_i} r_{ijk} \xi_{ij} \leq r_{ik}$ – потребление i – ым участником внешних ресурсов типа k ,

$\sum_{j \in J_i} b_{ij} \xi_{ij} \leq \sum_{n \in I^i_{input}} x_{ni}$, $x_{ni}, n \in I^i_{input}$ где – потребление i –ым участником продукции участника номера n из множества I^i_{input} сети Платформы,

$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} \xi_{ij} = x_i, i \in I,$ – выходы продукции i – го активного участника

$x_i = \sum_m x_{im} \geq 0$, где $x_{im} \geq 0$ часть продукции

i –го активного участника, направляемой участнику номера m из множества I^i_{output} .

Компоненты вектора выпуска $x_i \geq 0$ обозначим в виде $x^b_i \geq 0$, где перечень всех видов продукции $E, (e \in E)$.

Критерий эффективности

i – го активного участника, $i \in I$ примем в виде

$F_i = \sum_{b \in E} c_b x^b_i - \sum_n c_n x_{ni} \to \max$

Цены $c \geq 0$ задаются Центром.

Определим $y \geq 0$ – общий выпуск продукции во внешний мир, во внешнее потребление

Компоненты общего выпуска всей сети $y^b \geq 0 (e \in E) = \sum_i x^b_i \geq 0, i \in I_{output}$

Возможны два критерия общей эффективности

Пусть $y_0^b \geq 0$ нормативный набор продукции, так что оценку функционирования можно записать в виде

$F = \min_b \frac{y^b}{y_0^b}$ или $F = \sum_{b \in E} p_b y^b$, где $p_b \geq 0$ внешние рыночные цены.

F – это показатель общей эффективности.

Постановка задачи

Параметры модели: множества

I технологических связей задаются Центром.

Центр имеет функцию выигрыша F, знает внешние цены, неопределёнными факторами для Центра являются все нормативные коэффициенты.

Центр может обеспечить поставки внешних ресурсов и распределять их между участниками.

$\sum_i r_{ik} \leq R_k$ внешние ресурсы

Центр выбирает способы управления в целях максимизации гарантированного выигрыша путем распределения ресурсов $\sum_i r_{ik} \leq R_k$ и назначения внутренних цен $c \geq 0$.

И формирует принципы организации коалиции потребителей по наилучшему распределению $x_{im} > 0$.

Далее, в зависимости от информированности Центра могут быть получены различные значения его гарантированных выигрышей. Рассмотрение проделано подобно проведенному в работе [23]. Напомним, что один из результатов [23] свидетельствует: если интересы Центра и подсистем плохо согласованы, то всегда рациональна централизация управления, если интересы хорошо согласованы, то при больших возможностях Центра для него выгодна централизация, а при ограниченных возможностях в обработке информации (заметим, что это практически всегда имеет место) Центру выгодна децентрализация.

10. Этапы проектирования цифровых платформ

Описание предметной области в традиционном формате.

Системный анализ содержательного описания, определение активных участников, их интересы, сетевые взаимодействия, ресурсы, информированность, стратегии.

Формализованные модели потоков: материальных, информационных, финансовых.

Описание данных, базы.

Механизмы управления. Сценарии предварительных вычислительных экспериментов.

Пробная эксплуатация. Ввод в действие.

Заключение

В данной статье приводится обзор подходов к проектированию цифровых платформ. Изложены теоретические конструкции и описаны примеры масштабных реальных проектов. Востребованность отечественного опыта определится в ближайшее время в процессе реализации принятых Программ по цифровой экономике.

Список литературы

1. Ежегодное послание Президента РФ Федеральному собранию. 2016 год [Электронный ресурс] . – Режим доступа: http://kremlin.ru/events/president/news/53379
2. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации"[Электронный ресурс] . – Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731
3. Агеев, А.И., Аверьянов, М.А. Цифровое общество: архитектура, принципы, видение / А.И. Агеев, М.А. Аверьянов, С.Н. Евтушенко, Е.Ю. Кочетова // Экономические стратегии. 2017. № 1. – С.114-125.
4. Ерешко, Ф.И., Турко, Н.И. Синтез организационных структур в крупномасштабных проектах цифровой экономики / Ф.И. Ерешко, Н.И. Турко, А.Д. Цвиркун, А.А. Чурсин // Автоматика и Телемеханика, 2018. – № 10. – С.121-142.
5. Ерешко, Ф.И., Кульба, В.В., Меденников, В.И., Системный анализ цифровой платформы АПК / Ф.И. Ерешко, В.В. Кульба, В.И. Меденников // Материалы Международной научной конференции “Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях”. Воронеж, 3–6 сентября 2018. – 2018. – С. 90-103
6. Тоффлер, Э. Третья волна = The Third Wave 1980 / Э. Тоффлер, – М.: АСТ, 2010. – 784 с.
7. Шваб, К. Четвертая промышленная революция/ Пер. с англ. Предисловие Греф Г.О. / К. Шваб – М.: «Эксмо», 2016 – С.138.
8. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев – М.: Наука, 1981. – 487 с.
9. Гермейер, Ю.Б. Введение в теорию исследования операций / Ю.Б. Гермейер – М.: Наука, 1971. – 383 с.

10. Ватель, И.А., Ерешко, Ф.И. Математика конфликта и сотрудничества / И.А. Ватель, Ф.И. Ерешко – М.: Знание, 1973. – 64 с.

11. Ватель, И.А., Ерешко, Ф.И. Игры с иерархической структурой / И.А. Ватель, Ф.И. Ерешко // Математическая энциклопедия. т.2. – М.: 1979 – С.478 – 482.

12. Гермейер, Ю.Б., Моисеев, Н.Н. О некоторых задачах теории иерархических систем / Ю.Б. Гермейер, Н.Н. Моисеев // Проблемы прикладной математики и механики. – М.: Наука, – 1971. – С. 30 – 43.

13. Поспелов, И.Г. Исследование операций и моделирование экономического развития / И.Г. Поспелов // Материалы учредительной конференции Российского научного общества исследования операций. – М.: ВЦ РАН, 1997. – 105 с.

14. Глушков, В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС / В.М. Глушков. – М.: Статистика, 1975. – 160 с.

15. Зацаринный, А.А., Шабанов, А.П. Технология информационной поддержки деятельности организационных систем на основе ситуационных центров / А.А. Зацаринный, А.П. Шабанов – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2015. – 232 с.

16. Antonopoulos, Andreas M. Mastering Bitcoin. UNLOCKING DIGITAL CRYPTOCURRENCIES, O'Reilly Media, Inc. –2014 – 272 p.

17. Narayanan A., Bonneau J., Felten E., Miller A., Goldfeder S.. Bitcoin and cryptocurrency technologies : a comprehensive introduction. Princeton –:Princeton University Press, 2016. – 336 p..

18. Вахранев, А.В., Ерешко, А.Ф. Моделирование технологии распределённых реестров / А.В. Вахранев, А.Ф. Ерешко // Информатика: проблемы, методология, технологии : сборник материалов 18-й международной научно-методической конференции, Воронеж, 13-14 февраля 2020 г. : в 7 т. — Воронеж, 2020 .— Т. 5. - С. 23-29 .

19. Decentralization [Электронный ресурс] . – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Decentralization

20. Горелов, М.А. Максимальный гарантированный результат при ограниченном объеме передаваемой информации / М. А. Горелов // Автоматика и телемеханика. – 2011. – №3. – С. 124–144.

21. Ерешко, Ф. И. Теория иерархических игр в приложении к законотворчеству в цифровом обществе. Бизнес в законе / Ф. И. Ерешко // Computational nanotechnolgy, – 2017. – №2. – С. 52 – 58.

22. Горелов, М.А., Ерешко, Ф.И. О моделях централизации и децентрализации управления в цифровом обществе. Монография "Контуры цифровой реальности. Гуманитарно-технологическая

революция и выбор будущего" / Под ред. В.В. Иванова, Г.Г. Малинецкого, С.Н. Сиренко – М.: Ленанд. 2018. – С. 187 – 202.

23. Горелов, М.А., Ерешко, Ф.И. Информированность и децентрализация управления / М.А. Горелов, Ф.И. Ерешко // Автоматика и телемеханика. – 2019. – №6. – С. 156 – 172.

Ключевые проблемы цифровой трансформации общества

А. А. Зацаринный, email: alex250451@mail.ru [2]

[1] Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва, Россия

Аннотация. *В статье представлены основные проблемы реализации глобального курса развития, основанного на цифровой трансформации общества, определяемого приоритетами научно-технологического развития России. Показаны возрастание значимости информационных технологий во всех сферах деятельности и особая роль при этом системного подхода. Сформулированы и рассмотрены три ключевые проблемы цифровой трансформации общества: системный подход к стратегическому планированию, невостребованность научных организаций и кризис института современного руководителя.*

Ключевые слова: *Научные исследования, цифровая платформа, приоритеты научно-технологического развития, ситуационный центр, искусственный интеллект.*

Введение

Сегодня Россия на этапе важнейших перемен. Информационные технологии уверенно входят во все сферы деятельности общества и конкретного человека. В майском Указе Президента РФ [1] поставлена амбициозная задача вхождения страны в число пяти крупнейших экономик мира. Определены и пути успешного решения этой задачи: повышение качества управленческих решений на всех уровнях государственного управления в условиях нарастающих крупномасштабных угроз национальной безопасности России (глобальный финансовый кризис, международные конфликты, терроризм, киберпреступность, негативные тенденции в демографии и экологии, рост социальной напряженности в обществе и др.). Вместе с тем, для этого необходимо резко поднять эффективность и действенность стратегического целеполагания и планирования, а также ситуационного анализа процессов координации и контроля исполнения поставленных стратегических планов на всех уровнях. Повышение качества управления, как одну из программных целей правительства, обозначил новый премьер М.В. Мишустин: «…здесь важнейший вопрос – это новое качество управления» [3].

© Зацаринный А.А., 2020

Действительно, почему наша страна, обладающая огромными запасами мировых ресурсов (минеральных, водных, земельных), имеет при этом незначительный вес в мировом ВВП (в 2014 году – 2,8%, в 2018 – 1,9%) [4]. Почему Россия «застыла» на 45-м месте в мировом рейтинге IMD [5]. Обидно, что две самые отстающие сферы по мировым рейтингам – здравоохранение – 119-е место (данные Всемирной организации здравоохранения по интегральному показателю, учитывающему 90 отдельных показателей) и финансы (по всем показателям ниже 100-й позиции: развитость финансов – 107, монетаризация – 105 и др.). И совсем неприятный показатель – 45% ВВП в офшорах при среднемировом значении 9,9% (выше только Саудовская Аравия, ОАЭ, Венесуэла) [4]. Почему мы не можем при таких ресурсах обеспечить безбедную жизнь 140 миллионов россиян, которые составляют, между прочим, задумаемся! – всего-то 2 % населения планеты.

Конечно же, накопилось множество объективных и субъективных факторов, обусловивших такое положение. Достаточно глубокий анализ создавшегося положения дан в монографии Лепского В.Е. [6]. Отрадно, что в своем последнем Послании Федеральному собранию 15.01.2020 г. Президент сделал акцент прежде всего на вопросах кардинального повышения благосостояния [2]. И решение назревшего клубка проблем напрямую связано с эффективностью цифровой трансформации.

В статье рассматриваются три группы ключевых, по мнению автора, проблемы формирования стратегического целеполагания в рамках цифровой трансформации общества: системный подход к целевому планированию, научная обоснованность принимаемых решений и роль руководителей на всех уровнях принятия решений.

1. Системный подход к стратегическому планированию в рамках цифровой трансформации

Сегодня в экспертном сообществе справедливо полагается, что курс на цифровую экономику – последний шанс не отстать от мирового развития [7,8]. Цифровая трансформация общества сегодня неизбежна. Десятки миллионов цифровых устройств (компьютеры, смартфоны, принтеры, сканеры, коммуникаторы, планшеты и другие устройства цифровой обработки, хранения и передачи информации) стали доступны не только организациям, но и практически каждому физическому лицу. Вместе с тем, все более очевидной и острой становится проблема с системностью применения, внедрения и использования огромного множества этих устройств; здесь и совместимость, и унификация, и защита персональных данных, наконец, грамотность и культура использования цифровых устройств в сетях, и

многое другое. А ведь кроме устройств, еще и громадное количество программных средств!

И поэтому неслучайно в Стратегии научно-технологического развития России в качестве первого приоритета определены именно цифровые технологии, включая обработку больших объемов данных, машинное обучение и искусственный интеллект. Внедрение этих технологий должно позволить в ближайшие 10-15 лет получить научные и научно-технические результаты, необходимые для создания основы инновационного развития.

Известно, что старт процессам цифровой экономики официально был дан в Обращении Президента РФ Федеральному собранию 1 декабря 2016 года, после чего были утверждены Стратегия научно-технологического развития РФ, Программа цифровой экономики, План мероприятий, а также Национальный проект «Цифровая экономика». Этот курс на цифровую трансформацию общества подтвержден в последнем Послании Президента РФ от 15.01.2020 г. [2]. О «стимулировании цифровизации реального сектора экономики» в своей программной речи в Госдуме говорил и новый председатель правительства М.В. Мишустин [3].

Однако для тех, кто внимательно наблюдает за развитием событий по реализации Программы цифровой экономики, становится все более очевидным, что еще совсем недавние ожидания не подкрепляются реальными результатами и не оправдывают ожидавшихся надежд.

Так, не добавляют оптимизма и результаты рассмотрения вопросов цифровой экономики на заседании Государственной Думы 8 июля с.г. [7]. В докладах и выступлениях руководителей ответственных министерств (Минэкономразвития, Минкомсвязи), Банка России, Сбербанка России, много внимания было уделено важным актуальным, но частным вопросам. Например, распространение сети Интернет, охват населения, проникновение ИТ в финансовой сфере, электронные трудовые книжки, цифровое правосудие, цифровой нотариат и др.

При этом ни в одном из докладов не прозвучали системные проблемы развития цифровой экономики; не отмечены роль и место научных организаций в Программе цифровой экономики; не показана взаимосвязь Программы цифровой экономики с работами по цифровизации и цифровым платформам в рамках других нацпроектов. Более того, спикер Госдумы В. Володин обратил внимание на то, что планы по разработке и представлению нормативных документов практически сорваны [7]. Наиболее остро проблемные вопросы комплексного развития цифровой экономики, включая

недофинансирование науки, прозвучали в выступлении лидера КПРФ Г.А.Зюганова.

Представляется, что одна из ключевых проблем – очевидное отсутствие системного подхода к стратегическому целеполаганию при планировании работ по цифровой трансформации общества [8,9]. Достаточно упомянуть, что пять базовых направлений в Программе цифровой экономики выглядят обособленно и не увязано.

Суть в том, что в дополнение к пяти обозначенным направлениям обязательно должно быть сформировано еще одно под условным названием «Система Цифровая экономика (СЦЭ)» [8].

В рамках этого направления должны быть определены основные организационные, методологические и системотехнические решения по такой системе, а именно: система целевых показателей применительно к этапам развития, составу функциональных задач на различных уровнях (федеральный, ведомственный, региональный, муниципальный, корпоративный и др.), включая информационное взаимодействие и совместное функционирование, а также к обеспечению функционирования и эксплуатации на всех этапах жизненного цикла с учетом требований по информационной безопасности.

Решения в рамках этого системного направления могли бы стать задающими для всех остальных базовых направлений. Действительно, наличие принятых хотя бы в эскизном виде системных решений позволило бы конкретизировать деятельность в части подготовки комплекса нормативных документов, обучения и подготовки необходимых кадров, обоснования профиля необходимых информационных технологий (включая технологии искусственного интеллекта, больших данных, машинного обучения, управления робототехническими устройствами, аддитивные технологии, синтез материалов с заданными свойствами и др.), создания необходимой инфраструктуры, прежде всего в регионах, а также обеспечения информационной безопасности.

Пока ничего похожего на такую системность в комплексе выполняемых работ не наблюдается. На отсутствие системности указывает и тот факт, что в рамках национального проекта «Цифровая экономика» в конце 2018 года была принята, по существу, новая программа. Так, перечень сквозных технологий в ней уже не приводится, но в рамках федерального проекта «Цифровые технологии» (в составе национального проекта) разработаны проекты дорожных карт по всем девяти сквозным технологиям.

Еще один аспект: с принятием курса на цифровую экономику наметилась тенденция смешения понятий «цифровая экономика» и

«экономика». Однако это вопрос принципиальный: цифровая экономика – это не экономика! Цифровой экономикой можно охватить все то, что поддается формализации, то есть, превращению в цифровые логические схемы. А жизнь сама найдет возможность вписать это "нечто" в систему производства, распределения, обмена и потребления.

Цифровая экономика – это возможность создания цифровых моделей реального мира экономики, которые на основе новых возможностей измерений (новых интеллектуальных технологий) позволят обеспечить учет самых разных ресурсов в реальной экономике и учет процессов, которые происходят с этими ресурсами. Цифровая экономика, по существу, предполагает решение трех взаимоувязанных задач: создание единого информационного реестра ресурсов в цифровой экономике (материалы, техника, интеллектуальные, человеческие, инфраструктурные и другие ресурсы), создание и внедрение технологии учета всех процессов, которые приводят к тем или иным изменениям этих ресурсов и, наконец, самая сложная – обеспечить заполнение и оперативное обновление единого реестра ресурсов актуальными, достоверными и объективными исходными данными [8,11].

Только при реализации такого подхода может быть обеспечена эффективность управленческих решений на всех уровнях. Естественно, что такой, по существу, системный подход приведет к минимизации влияния человеческого фактора и сокращению числа уровней в иерархии системы управления. Другими словами, цифровая экономика – это некая технологическая надстройка для повышения уровня управляемости реальной экономикой как совокупности конкретных активов в различных областях (транспорт, связь, сельское хозяйство, промышленное производство, добывающие отрасли, сфера услуг и торговли и др.). И поэтому задачи цифровой экономики и задачи развития различных отраслей реальной экономики должны быть системно взаимоувязаны. В этом суть цифровой трансформации.

Успешная реализация программы цифровой экономики будет иметь нулевой эффект, если не будут предприняты кардинальные шаги по развитию конкретных отраслей экономики; и, наоборот, развитие реальной экономики не позволит получить ощутимые результаты без внедрения самых современных цифровых технологий.

2. Кризис Института руководителей

Решение обозначенных выше проблем неизбежно связано с субъективным фактором, а именно с лицом, принимающим решение, – Руководителем. Из истории известно, как часто важнейшие решения принимались без учета всей совокупности накопленных объективных факторов, или, наоборот, как актуальные важнейшие решения не

принимались из-за отсутствия объективных условий для их реализации; или как решения принимались попросту волюнтаристски без какого-либо внятного обоснования. При этом и системный подход, и научные рекомендации оставались в стороне. Как правило, обсуждаются решения на государственном и межгосударственном уровне, которые хорошо известны в истории. Однако, сколько необоснованных решений принималось (и принимается) на ведомственном, региональном, муниципальном, наконец, на корпоративных уровнях! И эти решения принимают Руководители органов управления на этих уровнях.

Готовы ли современные руководители к цифровой трансформации? Нужны ли им информационные системы для принятия управленческих решений: ситуационные центры, базы данных, аналитические технологии и т.д.? А если эти системы в защищенном исполнении с реализацией процедур разграничения доступа и с жестким администрированием и документированием всех информационных процессов? Очевидно, что многим руководителям не нужны такие системы и поэтому они будут препятствовать их внедрению.

А каким должен быть современный руководитель, способный принимать нехудшие (не будем говорить об оптимальных!), но своевременные управленческие решения? Очевидно, что Руководитель по своей ментальности должен быть нацелен на принятие решения: промедление с принятием актуального решения (порой не лучшего и непопулярного) существенно хуже, чем отсутствие какого-либо решения.

В связи с этим, представляется, что современный Руководитель отвечать трем основным требованиям: 1) быть профессионалом, иметь профильное базовое образование, накопленный опыт работы по данному профессиональному направлению и квалификацию в рамках конкретной специализации; 2) обладать ярко выраженными организаторскими способностями; уметь выстраивать отношения как «по вертикали» (с подчиненными коллективами и с вышестоящим руководством), так и, что не менее важно, «по горизонтали» – с другими взаимодействующими организациями; 3) руководитель должен работать не только на административно-бюрократическом уровне, но и неформально: знать лично многих подчиненных, их способности, профессиональные и человеческие качества [12].

Интересно, если взглянуть вокруг, много ли мы найдем примеров Руководителей, удовлетворяющих триаде этих качеств? Поэтому можно обоснованно говорить о кризисе института руководителей. При этом попытки решать эту проблему на формальном уровне, в частности,

введением возрастных ограничений (как это сделано применительно к руководителям академических институтов) обречены на провал.

Успешно решать проблему восстановления института руководителей можно только на основе комплексного системного подхода, который предусматривает базовое и целевое образование, последовательный карьерный рост, накопление профессионального и организаторского опыта в конкретной области деятельности, преемственность в традициях и подходах к руководству, наконец, совместимость и доверие коллектива.

Важно, чтобы в основе любого управленческого решения лежали три группы факторов: система целей (совокупность взаимоувязанных по целям и задачам целей); ресурсы для достижения целей (организационные, интеллектуальные, материальные, финансовые, инфраструктурные); реальные условия достижения целей, включая угрозы, препятствующие достижению целей [6, 12].

Поэтому от руководителя как лица, принимающего решение, требуется способность выполнить достаточно сложный анализ (в том числе с применением методов математического моделирования и получением некоторых количественных оценок) с учетом всей совокупности влияющих факторов, сформировать набор возможных альтернатив (вариантов) управленческого решения, осуществить выбор одного из них, организовать его выполнение и обеспечить контроль исполнения. Ключевая фаза в этой цепочке – выбор решения из множества возможных. Такое решение может быть наилучшим, рациональным, оптимальным, но, главное, нехудшим (то есть таким, которые не приводят к снижению исходных целевых показателей).

Ключевой момент: каждое решение в рамках принятой системы целеполагания должно быть нацелено на реализацию конкретной цели. Неопределенность цели – самая худшая из всех возможных неопределенностей. Чтобы принять «нехудшее» и своевременное решение, современный Руководитель должен быть «вооружен», а именно иметь в своем подчинении группу высококвалифицированных экспертов-аналитиков и информационно-аналитической систему, по существу, – ситуационный центр. Определим такой ситуационный центр как совокупность информационных, программных и аппаратных средств, реализующих информационные технологии по мониторингу обстановки, ее ситуационному анализу для выработки решений и алгоритмов применения управляющих воздействий с целью минимизации ущерба от угроз в зоне ответственности органа управления, доведения их до объектов управления и контроля исполнения, а также специально подготовленного персонала [12,13].

Другими словами, современный Руководитель должен иметь эффективный инструментарий в виде информационно-аналитической системы или ситуационного центра.

Такой подход означает, что современный руководитель помимо базовых знаний в конкретной предметной области должен обладать высоким уровнем знаний в области информационных технологий и систем. Это неизбежный вызов цифровой трансформации общества на всех уровнях его жизнедеятельности.

3. Памятные даты. Опыт прошлого

Заметим, что, как это ни парадоксально звучит, несколько десятилетий назад приведенные выше проблемы выглядели гораздо мягче: и системный подход (хотя о нем столько не говорили, как сейчас), и востребованность научных исследований (Госкомитет по науке и технике, независимая ВАК, академическая, вузовская, прикладная и военная наука) и целенаправленная подготовка кадров, основанная на одной из лучших в мире систем образования; все это было. Другое дело, что за эти десятилетия мир пережил несколько революций в сфере информационных технологий. В результате информатика обеспечила такие условия, к которым общество, прежде всего российское, оказалось не готово и обозначенные выше три ключевые проблемы обнажились в полный рост.

Назначение нового премьера (человека с огромным опытом практической работы в сфере информационных систем) и обновление правительства вселяют надежды на перемены к лучшему в области эффективности цифровой трансформации.

Вместе с тем, хотелось бы обратиться к некоторым памятным датам предстоящего года.

90-летний юбилей выдающегося советского и российского ученого-физика Нобелевского лауреата Ж. И. Алферова (1930–2019).

ФИЦ ИУ РАН готовится отметить 110 лет со дня рождения выдающегося ученого-математика, директора ВЦ АН СССР академика Анатолия Алексеевича Дородницына (1910–1994).

В этом году несколько юбилеев выдающихся военных ученых-связистов:

- 100 лет со дня рождения Бориса Яковлевича Дудника (1920-2009), Лауреата Государственной премии СССР, доктора военных наук профессора, сотрудника ВАС им. С.М. Буденного и 16 ЦНИИИ МО, одного из теоретиков системного подхода в области военной связи;
- 100 лет со дня рождения Николая Тихоновича Нечаева (1920-2007), Лауреата Государственной премии СССР,

генерал-лейтенанта, начальника 16 ЦНИИИ МО, идеолога первой территориальной распределенной сети закрытой связи с унифицированным для всех видов связи цифровым каналом;

- 80 лет со дня рождения Виталия Сергеевича Шибанова (1940-2005) Генерального конструктора Объединенной системы военной связи, ученого, инженера, доктора технических наук, профессора, Лауреата Государственной премии СССР;
- 85 лет со дня рождения академика Игоря Александровича Мизина (1935-1999), выдающегося советского и российского ученого, Главного конструктора Системы обмена данными стратегического назначения, первой отечественной территориально распределенной системы с пакетной коммутацией, Лауреата Ленинской и Государственной премии СССР;
- 90 лет со дня рождения Владимира Николаевича Березина (1930-2007), советского ученого, доктора технических наук, профессора. Лауреата Государственной премии СССР, достойного преемника И.А. Мизина на посту главного конструктора системы обмена данными.

Заключение

Амбициозные цели, поставленные руководством страны в области научно-технологического развития России, могут быть достигнуты только при активном участии научных организаций страны. При этом требуется синергетика теории и практики: результатов фундаментальных исследований и положительного опыта создания информационных систем.

Современный руководитель помимо базовых знаний в конкретной предметной области должен обладать высоким уровнем знаний в области информационных технологий и систем. Это неизбежный вызов цифровой трансформации общества на всех уровнях его жизнедеятельности.

Для успешного выполнения цифровой трансформации общества необходимо объединить и науку, и технологии, и промышленное производство.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ (проект 18-29-03091).

Список литературы

1. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204.

2. Обращение Президента РФ к Федеральному собранию от 15 января 2020.

3. Мишустин представил Госдуме свою программу на посту премьера. 16 янв, 14:35. Подробнее на РБК. – Режим доступа: https://www.rbc.ru/politics/16/01/2020/5e2046379a794749e1cceb81

4. Доклад С. Д. Бодрунова. // Вольная экономика, 2018.

5. РБК – Режим доступа: https://www.rbc.ru/economics/ 29/05/2019/5cee85699a7947476a325aed

6. Лепский, В. Е. Методологический и философский анализ развития проблематики управления / В. Е. Лепский – М.: Когито-Центр, 2019. – 340 с.

7. Стенограмма парламентских слушаний Комитета Государственной Думы по экономической политике, промышленности, инновационному развитию и предпринимательству на тему: «Вопросы развития цифровой экономики», 8 июля 2019.

8. Информационное пространство цифровой экономики России. Концептуальные основы и проблемы формирования / А. А. Зацаринный [и др.] – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 236 с. ISBN 978-5-93055-446-6.

9. Малинецкий, Г. Г. Цифровая реальность в точке бифуркации и стратегические задачи Союзного государства в контексте гуманитарно-технологической революции / Г. Г. Малинецкий // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности. – 2019. №1(2). – С. 12-28.

10. Контуры цифровой реальности: гуманитарно-технологическая революция и выбор будущего / Под редакцией В. В. Иванова, Г. Г. Малинецкого, С. Н. Сиренко. – М.: Ленанд, 2018. – 344 с. – (Будущая Россия №28).

11. Зацаринный, А. А. Научные исследования в интересах цифровой трансформации общества в рамках реализации приоритетов научно-технического развития России / А. А. Зацаринный // Радиолокация, навигация, связь: Сборник трудов XXV Международной научно-технической конференции (16-18 апреля 2019 г.): в 6 т. / Воронежский государственный университет; АО «Концерн «Созвездие». Издательский дом ВГУ, 2019. Т.1, С. 43-52.

12. Зацаринный, А. А. Методологические аспекты стратегического целеполагания в условиях цифровой трансформации России // Доклад на Двенадцатой международной конференции

«Управление развитием крупномасштабных систем MLSD» 2019. Москва.

13. Зацаринный, А. А. Теория и практика цифровой трансформации общества в рамках приоритетов научно-технологического развития России / А. А. Зацаринный, К. К. Колин. // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности. – 2019. №1(2). – С.29-39.

Анализ процессов проектного управления в организации

А. В. Иванов, email: alexey-khorvat@yandex.ru
К. Ю. Янкина, email: YankinaKU@mail.ru

Военно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина

Аннотация. *Показана возможность и целесообразность применения процессного подхода в качестве единой методологии синтеза системы управления предприятием, а также показано, как с помощью процессного подхода разрабатывается система управления проектной деятельностью.*

Ключевые слова: *Процессный подход, проектная деятельность, операционное управление, стандарт PMI.*

Введение

Повышение эффективности организационного управления – традиционно актуальная проблема деятельности любой организации, включая военные. Эффективность управления определяется степенью достижения заданных целей организации. Цели достигаются в ходе реализации операционной и проектной деятельности. Операционную деятельность зрелой организации принято рассматривать как рутинное выполнение повторяющихся во времени, жестко регламентированных бизнес-процессов ее функционирования [1]. Проектная деятельность представлена, как правило, уникальными, слабо регламентированными процессами, ограниченными во времени выполнения [2]. Общим требованием к операционной и проектной деятельности является необходимость управления процессами их реализации. Под управлением будем понимать многошаговый процесс с отрицательной обратной связью, направленный на достижение заданной цели. Синтезировать организационную систему управления – значит, для заданного объекта управления создать организационную структуру, разработать положения о деятельности подразделений и должностные инструкции персонала.

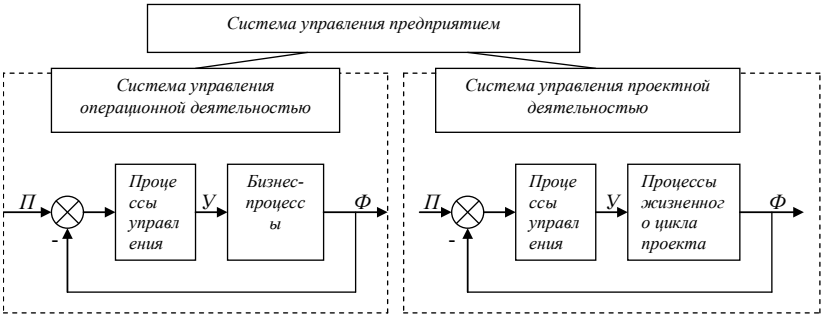
Эффективной методологией синтеза организационного управления является процессный подход [1, 3]. Методология процессного подхода начинается с построения сбалансированной системы целевых показателей (Balanced Scorecard), которые подразделяются на стратегические показатели функционирования организации и

© Иванов А.В., Янкина К.Ю., 2020

операционные показатели функционирования отдельных процессов. Достижение заданных значений стратегических показателей обычно обеспечивается с помощью специальных мероприятий (проектов), а операционные показатели обеспечиваются в процессе операционной деятельности.

Методология процессного подхода успешно распространяется на создание систем управления операционной деятельностью – управление потоками работ (Workflow management systems) или управление ресурсами организации (Enterprise Resource Planning, ERP). Разрабатываются и анализируются модели бизнес-процессов предприятия или организации, включая модели процессов управления, строится организационная структура операционной деятельности, составляется регламент и обеспечивается мониторинг его выполнения. Процессы управления обеспечивают выработку таких параметров и структур бизнес-процессов, которые обеспечат достижение заданных показателей. В дальнейшем управление операционной деятельностью предприятия будем называть операционным управлением предприятием.

Операционное управление процессами проектирования невозможно, вследствие их уникальности и непредсказуемости. Однако можно и нужно управлять процессами жизненного цикла (Product Lifecycle Management, PLM) проекта. Эти процессы могут быть унифицированы, что подтверждается различными методологиями и стандартами проектного менеджмента, например, [4]. Повторяемость этих процессов обеспечивается не только от проекта к проекту, но возможна и внутри жизненного цикла при возвратах к предшествующим этапам для необходимых корректировок. Объектом управления в этом случае являются процессы жизненного цикла проекта, а процессы управления направлены на выбор параметров и структуры процессов жизненного цикла, обеспечивающих достижение целевых показателей. Такое управление будем называть проектным управлением (проектным менеджментом). Структура интегрированного управления предприятием, включающая систему управления операционной деятельностью и систему управления проектной деятельностью, показана на рисунке.



П – планируемые показатели; Ф – фактические показатели; У – управляющие воздействия. К объектам управления относятся: бизнес-процессы предприятия и процессы жизненного цикла проекта. Процессы управления реализуются в рамках организационной структуры и регламентируются положениями о деятельности подразделений и должностными инструкциями персонала.

Рисунок. Структура интегрированной системы управления предприятием

Процессы управления и операционной и проектной деятельностью реализуются в рамках организационной структуры. Построение организационной структуры управления операционной деятельностью – задача, решаемая в рамках процессного подхода. В проектно ориентированных организациях или в организациях со смешанной деятельностью (операционной и проектной) проектное управление осуществляется либо специально создаваемой организационной структурой (проектный офис), либо матричной структурой, сочетающей операционное и проектное управление. Построение таких структур требует специальных методик. В любом случае, при синтезе системы управления предприятием организационные структуры надо создавать в оптимальном виде с обоснованной численностью персонала, а также надо составлять должностные инструкции, определяющие перечень операций на каждом рабочем месте и распределение ответственности за качество выполнения этих операций. Очевидно, что целесообразно наличие единой методологической платформы для синтеза управления операционной и проектной деятельностью.

Цель настоящей работы – показать возможность и целесообразность применения процессного подхода в качестве единой методологии синтеза системы управления предприятием, а также показать, как с помощью процессного подхода разрабатывается система управления проектной деятельностью.

1. Процессы управления проектной деятельностью

При разработке системы управления операционной деятельностью, таких как управление потоками работ, планирование и распределение ресурсов, обязательно предполагается, что технология функционирования объекта управления (предприятия или организации) может быть описана с необходимой степенью детализации. Более того, всегда существуют альтернативные варианты реализации тех или иных процессов, что обеспечивает выбор оптимальных вариантов в текущих условиях. Описание бизнес-процессов целесообразно представлять в той или иной нотации структурного моделирования. Полученные модели должны отображать структуру процессов функционирования объекта и структуру информационных взаимодействий процессов, включая процессы управления. Структурные модели вместе с разнообразными моделями выбора дают возможность анализировать варианты и создавать оптимальные системы операционного управления, а на их основе строить информационные хранилища, автоматизированные системы документооборота и управления, ERP-системы. Как правило, только при таком подходе можно рассчитывать на эффективность дорогостоящих систем автоматизации.

Будем рассматривать системы управления проектной деятельностью по аналогии с системами операционного управления. Так система проектного управления должна включать цель и объект управления. Обычно цели проектного управления формулируются следующим образом [4, 5]:

- календарное планирование работ проекта и минимизация отклонений от заданных сроков выполнения;
- расчет планируемых издержек и минимизация отклонений от их заданных значений;
- минимизация отклонений от заданного состава и качества проектных результатов.

Объектом управления являются процессы жизненного цикла проекта. Конечно, состав операционных процессов, обеспечивающих достижение указанных целей не однозначен. Однако накопленный практический опыт позволил определить рекомендуемые стандартные наборы таких процессов. Будем ориентироваться на один из самых

распространенных стандартов – стандарт PMI, руководство PMBOK, 4-ое издание [4].

В соответствии с этим стандартом процессы проектного управления разделяются на пять групп: группа процессов инициации проекта; группа процессов планирования проекта; группа процессов исполнения проекта; группа процессов мониторинга и управления; группа процессов завершения проекта. Кроме того, стандартом [4] предусмотрена классификация процессов в виде девяти областей знаний по управлению проектом. Обобщенное представление об операционных процессах проектного управления (управления жизненным циклом проекта) представлено в таблице.

Таблица

Классификация процессов управления проектной деятельностью по PMBOK

Группы области	**Планирование**	**Исполнение**	**Контроль**
Интеграция	Разработка плана управления проектом	Руководство и управление исполнением проекта	Мониторинг и управление работами проекта Общее управление изменениями
Содержание	Планирование содержания Определение содержания Создание ИСР		Подтверждение содержания Управление содержанием
Сроки	Определение состава и взаимосвязей операций Оценка ресурсов операций Оценка длительности операций Разработка сетевого графика		Управление расписанием

Окончание таблицы

Стоимость	Стоимостная оценка Разработка бюджета расходов		Управление стоимостью
Группы области	Планирование	Исполнение	Контроль
Качество	Планирование качества	Процесс обеспечения качества	Процесс контроля качества
Персонал	Планирование человеческих ресурсов	Набор команды проекта Развитие команды проекта	Управление командой проекта
Коммуникации	Планирование коммуникаций	Распространение информации	Отчетность по исполнению Управление участниками проекта
Риски	Планирование управления рисками Идентификация рисков Качественный анализ рисков Количественный анализ рисков Планирование реагирования на риски		Мониторинг и управление Рисками
Контракты	Планирование покупок и приобретений Планирование контрактов	Запрос информации у продавцов Выбор продавцов	Администрирование контрактов

Следует отметить, что для области «Интеграция» характерно еще два показателя: инициация, характеризующаяся разработкой устава проекта, а также разработкой предварительного описания содержания проекта и завершение, определяемое закрытием проекта. Для области «Контракты» также характерен показатель завершение, определяемый закрытием контракта. Процессы из таблицы будем рассматривать как объекты структурного моделирования. Заметим, что все эти процессы являются операционными процессами.

2. Моделирование процессов управления проектной деятельностью

Моделирование и анализ процессов является важнейшей компонентой процессного подхода. Структурные модели дают возможность наглядно представить технологию функционирования системы проектного управления, осуществлять разносторонний анализ причинно-следственных связей, оценивать трудоемкости процессов, осуществлять функционально-стоимостной анализ процессов жизненного цикла проекта на основе имитационного моделирования. Структурное моделирование является основой для разработки разнообразных систем автоматизации процессов.

Моделирование процессов, представленных таблице, может осуществляться с помощью различных нотаций, например, таких как IDEF0, EPC, BPMN. Выбор нотации, как правило, зависит от требуемого уровня детализации процессов.

Диаграмма IDEF0 в самом общем виде показывает входы и выходы процессных групп, определяющие их взаимодействие между собой, инструменты управления выполнением процессами и механизмы выполнения. Процессный подход предполагает дальнейшую декомпозицию каждой группы, что обеспечивает наглядное представление о деятельности по управлению проектами от общего представления до необходимого уровня детализации, доступность быстрой корректировки состава и последовательности процессов при необходимости. Модели бизнес-процессов регламентируются, прежде всего, с позиций владельцев, исполнителей, времени и стоимости исполнения, а также с точки зрения достижения соответствующего показателя качества исполнения (KPI). Все операционные процессы должны иметь своих владельцев и исполнителей. В организационных системах это персонал, сгруппированный в те или иные организационные структуры. В рамках проекта выполняется назначение владельцев и исполнителей операционных процессов таблицы, что определяет должностные инструкции и положения о деятельности организационных структур. Кроме того, наличие модели позволяет при

заданной интенсивности поступления заявок на вход оценивать трудоемкость системы проектного управления, а, следовательно, необходимое количество персонала.

Детальное представление алгоритма выполнения процесса часто задают диаграммами нотации EPC. Диаграмма EPC отображает временную последовательность смены состояний процесса под воздействием функций (действий, операций, работ). Кроме того, на диаграмме можно указывать исполнителей ключевых функций, документы, сопровождающие смену состояний, необходимые инструментальные средства и т.п.

Построенные модели процессов должны анализироваться на логическую непротиворечивость и функционально стоимостную адекватность целям управления. Для моделирования и анализа моделей существуют специальные программные средства, например, ARIS, Business Studio, ELMA. По результатам анализа, при необходимости, проводится корректировка моделей.

Модели процессов управления проектной деятельностью являются основой для разработки организационной структуры, положений о подразделениях и должностных инструкций персонала.

3. Разработка системы управления проектной деятельностью

Известны различные организационные модели управления, определяющие распределение полномочий и ответственности. К ним, в частности, относятся функциональная и процессная модели, обладающие своими достоинствами и недостатками [1, 3]. Применительно к управлению проектной деятельностью целесообразно рассматривать процессную модель (для автономной проектной деятельности) или матричную модель, сочетающую процессный и функциональный подход (для смешанной операционной и проектной деятельности).

Процессная модель основывается на нескольких базовых принципах [1, 3]:

- принцип объединения нескольких операций (функций) в одну процедуру, исполняемую одним субъектом (исполнителем или командой исполнителей);
- принцип неразрывности последовательности операций, когда разнородные операции процесса, выполняемые в завершенном логическом порядке, исполняется в одном месте командой из специалистов различной предметной (функциональной) принадлежности, например, процессы планирования проекта предполагают исполнителей из числа операционных менеджеров;

– принцип владельца процесса, предусматривающий уполномоченного менеджера проекта, отвечающего за весь процесс и согласующего с заказчиком его результаты;
– принцип горизонтального контроля, когда качество результата проверяется его потребителем – следующим элементом процессной цепочки, например, качество процесса инициации проекта оценивается командой процесса планирования проекта.

Важным достоинством процессной модели является возможность точного соответствия организационной структуры исполняемым процессам за счет назначения владельцев и исполнителей этих процессов, что исключает дублирование зон ответственности и наличие зон безответственности.

В матричной модели совмещаются принципы построения функциональных и процессных систем. В этих структурах существуют жестко регламентированные процессы, находящиеся под управлением менеджера процесса. При этом деятельность осуществляется работниками, находящимися в оперативном подчинении менеджера процесса и в административном подчинении руководителя функциональной структуры [1]. В случае сочетания в структурном подразделении операционной и проектной деятельности использование матричной модели может оказаться наиболее адекватным. В этом случае сотрудник может оказаться одновременно исполнителем рутинных операционных процессов подразделения и управлять проектной деятельностью, по мере ее возникновения.

Если интенсивность заявок на проектную деятельность высока и трудоемкость работ по проектному управлению соизмерима с трудоемкостью управления операционной деятельностью подразделения, то имеет смысл формирование отдельного структурного подразделения – проектного офиса, задачей которого будет реализация проектного управления для проектной деятельности одного или нескольких функциональных подразделений предприятия.

При любом варианте построения организационной модели управления основываются на разработанных структурных моделях процессов и работ. Каждой работе (на нижних уровнях иерархии) и каждому процессу (на верхних уровнях иерархии) ставится в соответствие исполнитель или группа исполнителей (подразделение), назначаются владельцы процессов; оценивается срок и стоимость исполнения процессов и работ. Модели процессов и работ определяют требования к квалификационному составу персонала проектного управления, их должностные обязанности, полномочия и ответственность. Таким образом, структурные модели процессов

позволяют обосновывать штатное расписание персонала, трудоемкость и стоимость процессов проектного управления.

Организационная и процессная структуры в совокупности образуют систему процедур и регламентов, описывающих взаимодействие отдельных исполнителей и подразделений. Система показателей (KPI) определяет составляющие учета эффективности проектной деятельности, которые вместе со структурой потока работ обеспечивают формирование системы документооборота.

Разработанная организационная модель проектного управления, в свою очередь, служит основой для формирования требований к системе автоматизации проектного управления и ее разработки.

Заключение

Эффективной методологией построения систем организационного управления операционной деятельностью предприятием или организацией служит процессный подход. Управление проектной деятельностью предприятия или организации – важная составляющая организационного управления. Представляется целесообразным формировать системы организационного управления в военной организации на единой методологии – процессном подходе.

Список литературы

1. Абрамов, И. В. Процессный подход к построению систем проектного управления / И. В. Абрамов, И. В. Илларионов, М. Г. Матвеев // Прикладная информатика. – 2014. – №1. – С. 15-22.

2. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом [Текст] : ГОСТ Р 54869–2011. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

3. Менеджмент процессов : учебник / Й. Беккер [и др.] ; отв. ред. Й. Беккер. – пер. с нем. – М.: Эксмо, 2007 – 384 с.

4. Руководство к своду знаний по управлению проектами (руководство PMBOK). – 4-е изд., испр – Project Management Institute, Inc., 2008. – 241 с.

5. Троцкий, М. Управление проектами : учебник / М. Троцкий, Б. Груча, К. Огонек; – пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 304 с.

Учет требований закона о персональных данных в SAP транзакциях на примере модуля TOPO

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com
Ю. И. Лещева, email: julialeshheva@yandex.ru

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Целью работы является создании удобного способа обработки персональных данных для пользователей системы SAP в соответствии с §11 Federal Data Protection Act, создание гибкого механизма подстановки значений по умолчанию, осуществление контроля введенных данных на примере модуля TOPO.*

Ключевые слова: *виды расширений SAP, модуль TOPO, защита персональных данных, ABAP.*

Введение

Программные продукты системы SAP предоставляют собой мощные инструменты, помогающие компаниям управлять своими финансами, логистикой, персоналом и другими сферами бизнеса. Основой программного предложения SAP является система SAP ERP, которая является самой распространённой системой планирования ресурсов предприятия (ERP) из доступных на данный момент.

Система SAP состоит из набора прикладных модулей, которые поддерживают различные бизнес-процессы компании и интегрированы между собой в масштабе реального времени. Границы модулей в значительной степени условны, между ними происходит обмен данными, могут быть сделаны общие настройки и отчеты. При разработке различных компонентов системы SAP используется внутренний язык высокого уровня программирования ABAP. С помощью него для системы могут создаваться новые программы, транзакции, элементы, а также разработчики могут производить изменения стандартного вида и кода, добавлять новые действия.

Часто разработчики производят изменение компонентов стандартной системы SAP, чтобы удовлетворить требованиям заказчика. Работа посвящена изменению стандартной транзакции системы SAP в соответствии с §11 Federal Data Protection Act (закон о защите персональных данных), в котором прописано, что для обработки персональных данные требуется получение согласия. Далее под персональными данными будет пониматься любая информация,

© Илларионов И. В., Лещева Ю. И., 2020

относящаяся к прямо или косвенно определенному, или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных).

1. Процесс технического обслуживания заводов в SAP

SAP PM (Техническое обслуживание завода) — это функциональный модуль, который обрабатывает все операции обслуживания, выполняемые на заводе. Это позволяет пользователям находить повреждения, выявлять причины и предпринимать действия по ремонту технических объектов, а также проводить профилактические работы. С помощью SAP PM [1] процесс технического обслуживания, ремонта может быть автоматизирован. Кроме того, это позволяет организации записывать данные о проблемах, повреждениях, причинах и ремонте в виде технических данных после визуальных проверок или после определения проблемы.

Процесс SAP Plant Maintenance состоит из следующих групп операций [2]:

1. Инспекция. Деятельность, выполняемая для определения фактического состояния технического объекта. Проверка проводится с целью выяснения, можно ли безопасно эксплуатировать и обслуживать технический объект. Во многих случаях перед операцией достаточно визуального осмотра.
2. Профилактическое обслуживание. Техническое обслуживание, выполняемое для поддержания технических объектов в исправном состоянии, гарантирует, что оборудование работает исправно, уменьшая риски для людей, тем самым влияя на производство или обслуживание клиентов.
3. Ремонт. Работы выполняются для восстановления идеального состояния объектов. Техническое обслуживание может быть плановым или незапланированным. Оно выполняется на неисправном и неработающем оборудовании. После устранения поломок заказ подтверждается работником, который выполнял задание, специалистом по техническому обслуживанию и руководителем.

Чтобы выполнить процесс технического обслуживания завода в системе SAP, в первую очередь необходимо определить объекты, на основе них структурировать техническую систему. Структурирование объектов помогает сократить время, необходимое для управления ими и ввода данных во время обработки обслуживания. Кроме того, это делает процесс проще.

Помимо создания технических объектов, пользователю необходимо создать различные основные данные, которые требуются для завершения цикла процесса обслуживания установки SAP [3]:

– центр технического обслуживания;
– каталоги;
– ведомость технического обслуживания (спецификации);
– мера измерения;
– разрешения;
– списки задач.

Рассмотрим самый общий процесс обслуживания завода (Рис. 1).

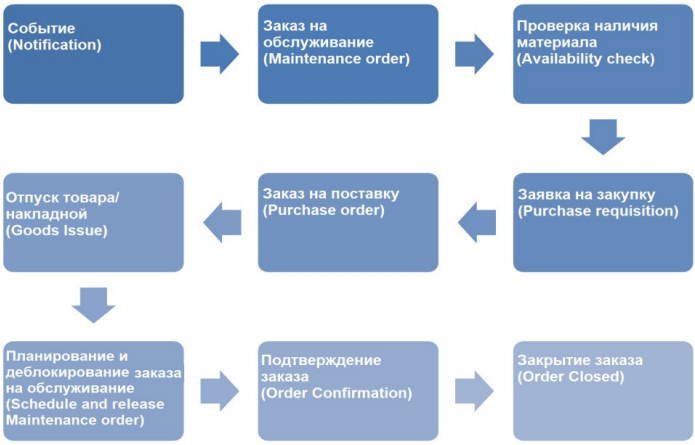


Рис. 1. Процесс обслуживания завода

Сначала создается событие о неисправности или повреждении технического объекта. В событии, например, может содержаться детальное описание возникшей проблемы. Когда оно создается, отдел технического обслуживания получает о нем уведомление и в дальнейшем должен создать заказ на обслуживание, где указать перечень необходимых материалов и действий для его выполнения. Для указанных материалов необходимо выполнить проверку наличия, то есть убедиться есть ли необходимые материалы на складе. Если их нет, то создается заявка на закупку, за которой следует заказ на поставку. Когда необходимый материал или услуги имеются в наличии происходит деблокирование заказа. Это означает, что материалы перемещаются со склада. После выполнения работ подсчитывается фактическое время, затрачиваемое на выполнение задачи обслуживания, и вносится в заказ на обслуживание. На этом этапе в документ технического объекта вносится информация о повреждении и

проделанном ремонте. Как только заказ на обслуживание помечается как закрытый «Closed» происходит окончательный расчет.

Все документы в представленной цепочке имеют ссылки либо на предыдущий, либо на последующий.

Инициировать заказ на обслуживание может не только событие о неисправности, а событие для планового осмотра или ремонта. Важно повысить общую эффективность и снизить затраты для увеличения прибыли. Для этого обслуживающий персонал должен быстро реагировать на неисправности или аварийные ситуации. При помощи функциональности модуля PM удается сократить время простоя, повысить эффективность и продлить жизненный цикл технических объектов.

2. Транзакции модуля PM

Система SAP состоит из набора прикладных модулей, которые поддерживают различные бизнес-процессы компании и интегрированы между собой в масштабе реального времени. Мы рассмотрели модуль технического обслуживания и ремонт оборудования (PM). Каждый модуль состоит из множества транзакций, охватывающих определенную часть деятельности предприятия. Транзакция SAP - прикладная программа, выполняющая бизнес-процесс в системе, осуществляющая над данными определенный логически завершенный набор действий. Границы модулей в значительной степени условны, между ними происходит обмен данными, могут быть общие настройки и таблицы с данными, совместное использование одной и той же части программы.

Модуль PM состоит из множества транзакций. Для рассмотрения были выбраны 3 из них:

- IW31: создать заказ.
- IW32: изменить заказ.
- IW33: просмотр заказа на поставку.

Рассмотрим для примера расширение стандартной транзакции SAP IW32, принадлежащая модулю технического обслуживания и ремонта оборудования (PM), в соответствии с параграфом 11 Federal Data Protection Act, в котором прописано, что для того, чтобы обрабатывать персональных данные нужно получить на это согласие. К таким данным относится ФИО, рабочий телефон, в том числе мобильный, рабочий адрес, адрес электронной почты, должность.

Транзакция IW32 обрабатывает так называемые TOPO-заказы, например, заказ на ремонт или прокладку кабеля. В этой транзакции используются операции и компоненты. Операции — это те услуги, которые необходимо сделать, а компоненты — это те материалы, которые нужны, чтобы выполнить данный заказ. Остальные закладки

говорят нам по какому адресу сделать заказ, сколько будет стоить оборудование или услуга, срок выполнения и так далее.

Предприятие, предоставляющее данную услугу, самостоятельно может выполнять не все операции, а также может не иметь необходимого количества компонентов на складе. Поэтому какие-то материалы докупаются, а какие-то операции могут быть заказаны у подрядчиков. Далее создается заказ на покупку материалов или услуг, затем оформляется поставка. Так как предприятие что-то заказывает, то оно предоставляет другой фирме, которая будет исполнять эти услуги, различные данные, в том числе контактная информация. В тот момент, когда заказ на поставку будет создан, данные могут быть переданы поставщику. Например, формируется письмо по e-mail куда вкладывается файл с типовым заказом на поставку. В этом заказе присутствуют такие данные как: кому адресован заказ, кем сформирован и какие материалы или услуги требуются. Соответственно в эту фирму передаются персональные данные (третьей стороне). Согласно закону о защите персональных данных необходимо согласия сотрудника на передачу персональной информации о нем.

При реализации исполнения закона о защите персональных данных необходимо учесть ситуации:

1. Работа фирмы с постоянным поставщиком. Это означает с ним заключен договор, в котором прописаны обязательства по охране персональных данные согласно закону.
2. Работа фирмы с временным поставщиком, с которым возможно дальше работать не будет. В этом случае договор о защите персональных данных не заключается, поэтому необходимо указать контактное лицо, персональные данные которого будут переданы в заказ.

Т.е. нужно расширить транзакцию на три поля, благодаря которым закон о защите персональных данных будет выполняться. Такими полями являются:

- «CDP-Code» (Certification of personal data), содержит список значений, которые может выбрать пользователь.
- «CDP-Number» номер договора
- «CDP Contact Person» контактное лицо

Для реализации проекта необходимо:

- разработать логику подстановки значений по умолчанию в поле «CDP-Code».
- разработать логику проверок полноты и правильности введенных данных.

– предусмотреть механизм, позволяющий включать и отключать новую функциональность.

3. Логика отображения и блокировки CDP-полей

Поля на экранах будут отображаться и будут доступными для ввода в зависимости от данных, которые хранятся в стандартных таблицах SAP. Поэтому была реализована следующая логика скрытия и активации полей для ввода, представленная на Рис. 2.

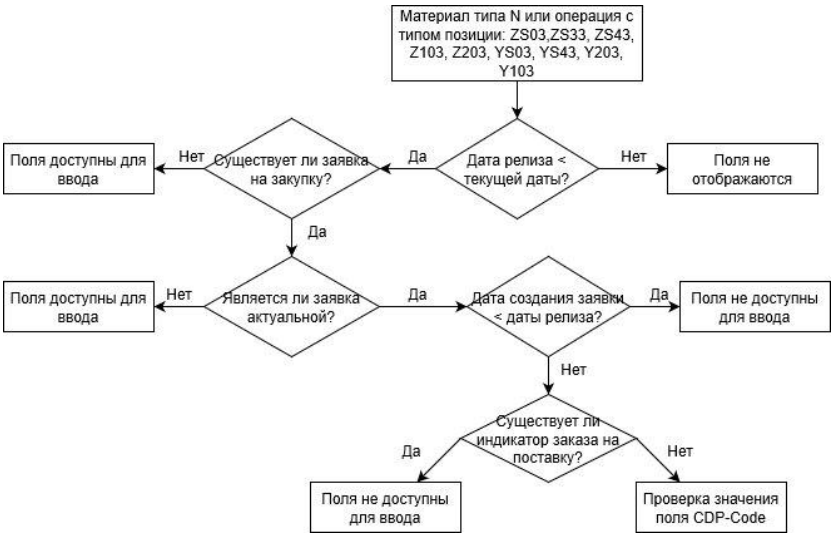


Рис. 2. Алгоритм отображения и блокировки CDP-полей

Далее проверяется значение, установленное в поле CDP-Code от которого будет завесить возможность ввода значений в поля CDP-Number и «CDP Contact Person». Данный алгоритм изображен на Рис. 3.

Рассмотрим алгоритм блокировки полей CDP-Number и CDP Contact Person подробнее:

– если CDP-Code имеет значение равное 003 или 004, то CDP Contact Person доступно для ввода, а CDP-Number заблокировано для пользователя;
– если CDP-Code имеет значение равное 001 или 002, или ничего не выбрано, то CDP Contact Person заблокировано для пользователя, а CDP-Number будет доступно для ввода при значении CDP-Code равным 001.

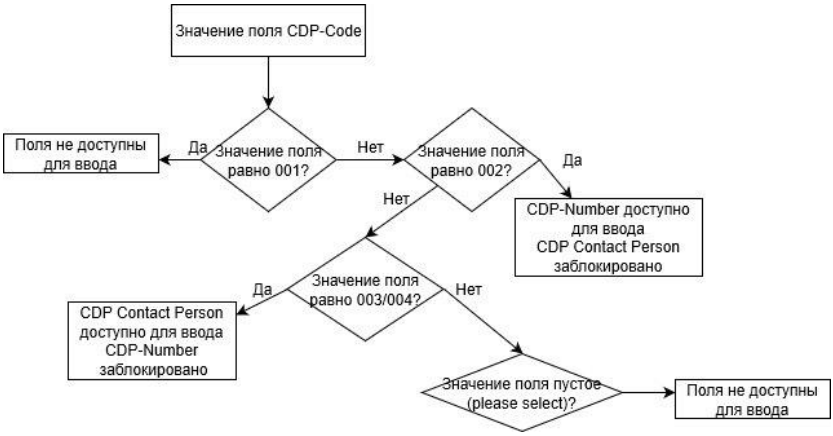


Рис. 3. Алгоритм блокировки полей в зависимости значения поля CDP-Code

4. Диаграмма классов

Для разработки расширения транзакции было создано три класса, содержащих необходимые методы и атрибуты. Диаграмма классов, представлена на Рис. 4.

Центральным классом всей разработки является родительский класс ZCSCLN_ADV. Он содержит в себе общие методы и переменные для классов ZCSCLN_ADV_COMPONENT и ZCSCLN_ADV_OPERATION, которые являются его наследниками.

Одними из основных методов классе ZCSCLN_ADV являются:

- CHECK_RESPONSIBLE проверяет правильность заполнения поля CDP Contact Person
- CHECK_REFERENCE проверяет правильность заполнения поля CDP-Number
- GET_CHARASTERISTIC читает характеристики для договоров, кредиторов и главных операций.

Класс ZCSCLN_ADV_COMPONENT был создан для реализации действий с материалами. Одними из основных методов в этом классе являются:

- AB_FREIGABE проверяет правильность заполнения CDP-полей, может заполнить CDP-поля по умолчанию для случая автоматической обработки, то есть без участия пользователя.
- AUDISP_PROCESSING проверяет правильность заполнения CDP-полей при ручном создании заказа на поставку.

Класс ZCSCLN_ADV_OPERATION был создан для реализации действий с операциями. Одними из основных методов в этом классе являются:

- FIND_TASK_LIST находит главную операцию и проверяет ее характеристики.
- PROCESSING подставляет значения по умолчанию в поле CDP-Code.

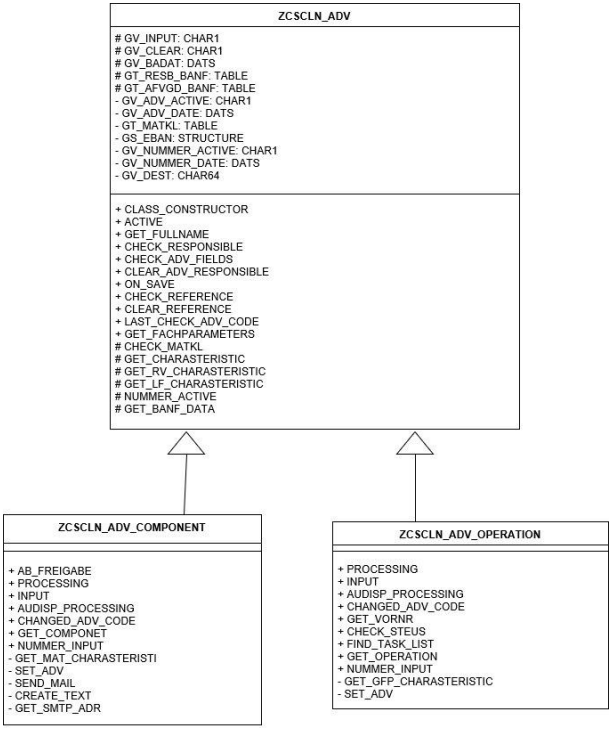


Рис. 4. Диаграмма классов

Заключение

В рамках данной работы было реализовано расширение стандартной транзакции SAP IW32, принадлежащая модулю технического обслуживания и ремонта оборудования (PM), в соответствии с параграфом 11 Federal Data Protection Act. Расширение учитывает два способа взаимодействия с поставщиком:

- поставщик, с которым есть договор о защите персональных данных;

– поставщик, с которым предприятие временно сотрудничает, нет договора о защите персональных данных. За взаимодействие с ним отвечает контактная персона.

В ходе реализации были учтены и реализованы следующие требования:

1. Разработана логика для подстановки значений по умолчанию в поле CDP-Code.
2. Разработана логика проверки полноты и правильности введенных данных.
3. Реализован механизм, позволяющий включать и отключать новую функциональность.

Разработка была внедрена и используется на предприятиях отрасли.

Список литературы

1. Plant Maintenance: [сайт]. – URL: https://erproof.com/pm/ (дата обращения 25.03.2019)
2. Liebstückel K. Processing Repairs in SAP Plant Maintenance / K. Liebstückel. – SAP Press, 2015. – 94 p.
3. Plant Maintenance Overview: [сайт]. – URL: http://myhelp.uky.edu/rwd/html/pm/pm_200_v2.pdf (дата обращения 26.03.2019)

Разработка интеграционного сервиса автоматического обновления банковских данных

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com [1]
В. П. Володченко, email: v.volodchenko@stalcom.com [2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются процесс разработки и внедрения системы управления Master Data на примере разработки программы для автоматического и ручного обновления информации о банках по данным Центрального банка РФ.*

Ключевые слова: *SAP HANA, Master Data Management.*

Введение

На сегодняшний день большинство компаний хранят огромные объемы информации, накапливавшихся годами и десятилетиями. Анализ этих данных помогает извлечь полезную информацию, а правильная обработка данных поможет их правильно структурировать, использовать и толковать. В связи с этим в данный момент остро стоит проблема обработки больших массивов данных в крупных компаниях.

Для корректной и бесперебойной работы системы SAP ERP, ее требуется постоянно дорабатывать, усовершенствовать под требования производства и бизнеса.

Основными проблемами больших массивов данных является их неполнота, противоречивость и повторяющиеся записи. Эффективное использование данных невозможно без их правильной обработки и правильного структурирования. Одним из таких видов данных являются основные данные (master data). Master data – это важные данные с точки зрения ведения бизнеса, которые включают в себя информацию о клиентах, материалах, услугах, и т.д. На данный момент одной из основных задач крупных компаний с большой производственной цепочкой и работающих в системе SAP является разработка и внедрение системы управления мастер данными – SAP Master Data Governance [1] или SAP MDG. Основными преимуществами SAP Master Data Governance являются:

- автоматизация процессов централизованного ведения основных данных.
- использование той же модели данных, что и SAP ERP.

© Илларионов И. В., Володченко В. П. 2020

– возможность использования единых правил и проверок с SAP ERP.
– сокращение запасов за счет исключения дубликатов.
– повышение качества данных.

1. Анализ предметной области

Система SAP MDG (Master Data Governance) – это готовое решение управления основными данными различных объектов НСИ, обеспечивающее автоматическое управление данными. SAP MDG позволяет управлять процессом создания, сопровождения и копирования master data в масштабах компании. Master data лучшего качества позволяют увеличивать выручку, производительность компании, снижая риски и издержки.

Модуль обеспечивает обработку данных отдельно от системы, с которой работают бизнес пользователи и поддерживает их актуальность с помощью синхронизации данных между системами.

Объекты системы включают в себя:

– справочник деловых партнеров, в том числе дебиторов и кредиторов;
– справочник материалов, в том числе товаров, работ и услуг;
– финансовые справочники.

Добавление новых записей или изменение существующих записей справочников происходит с помощью запросов на создание или изменение (транзакция NWBC).

Данная транзакция имеет очень широкий функционал и позволяет упростить процесс создания записи в справочнике с помощью запроса и поиска записи справочника. Для того, чтобы материал или деловой партнер появился в системе пользователь создает запрос, а затем запрос утверждается техническими экспертами НСИ и другими экспертами (если требуется). Во время создания запроса осуществляется множество проверок и при необходимости выдаются предупреждения или сообщения об ошибках. Сделано это для того, чтобы максимально увеличить качество данных, убрать дубликаты, не заводить в системе материалы или деловых партнеров с ошибками.

В системе содержаться 2 модели данных: MM (Материал) и BP (Деловой партнер). Модель данных содержит в себе все сущности и атрибуты, а также отношения между ними. Модель данных содержится и настраивается в транзакции MDGIMG.

Правильная настройка и отнесение атрибутов к требуемой сущности очень важна, потому что в случае параллельного согласования запроса каждому тех. эксперту доступна на изменение определенная

сущность и набор атрибутов, и нужно сделать так, чтобы каждый тех. эксперт мог изменять значения только необходимых ему атрибутов.

В модели данных материала (MM) определены 4 сущности:

- MKALBASIC – данные по заводу);
- MATERIAL – общие данные материла (размеры, вес, вид материала, классификация, данные по закупке, сбыту, хранению и т.д.);
- MATCHGIMG – управление изменениями записи материала;
- DRADBASIC – данные документов и документы, содержащиеся в материале.

В модели делового партнера (BP) определены следующие основные сущности:

- ZDRADBAS – данные документов и документы, содержащиеся в записи делового партнера;
- BP_REL – отношения делового партнера;
- BP_HEADER – группировка и тип делового партнера;
- BP_ROLE – роли делового партнера;
- BP_TAXNUM – налоговые номера;
- BP_CENTRL – основные данные (наименования, адресные данные, правовая форма, язык и т.д.).

Типы запросов на изменение позволяют более детально представить процедуру создания или изменения записи в справочнике, т.е. понять какие типы сущностей или какие атрибуты нужно изменить.

Типы запросов на изменение содержаться в транзакции MDGIMG. Указывается технические наименование запроса, модель данных, описание запроса. В типе запроса указывается какие типы сущностей из модели данных могут меняться в данном запросе.

Каждый справочник имеет свои типы запросов на изменение, а каждый запрос на изменение имеет свою бизнес операцию, которая привязана к запросу. Каждому типу запроса присвоена одна бизнес операция. Бизнес операция связывает пользовательский интерфейс и запрос на изменение, т.е. при выборе бизнес операции вызывается соответствующий запрос на изменение и каждый запрос на изменение имеет одну бизнес операцию. Типы бизнес операций содержаться в транзакции MDGIMG.

После выбора типа запроса можно посмотреть соответствующие шаги. Каждому шагу присвоен свой номер и текст с описанием.

До того, как данные появятся в системе – в активной области, они хранятся в стейджинговой области – области промежуточного хранения данных. Т.е. пока новая запись в справочнике не пройдет весь маршрут согласования в системе она содержаться не будет. Так как в каждой

области у сущностей и атрибутов имеются свои технические наименования, перенос данных со стейджинговой области в активную осуществляется с помощью маппинга – таблицы соответствия полей в стейджинговой и активной области.

2. Правила и проверки в системе

Помимо стандартных проверок SAP ERP в SAP MDG присутствуют проверки с помощью правил BRFplus.

Business Rule Framework plus (BRFplus) предоставляет комплексный интерфейс прикладного программирования (API) и пользовательский интерфейс (UI) для определения и обработки бизнес-правил. Это позволяет моделировать правила интуитивно понятным способом и повторно использовать эти правила в различных приложениях.

Интерфейс между бизнес-правилом, смоделированным с помощью BRFplus, и приложением, использующим это правило, предоставляется функцией BRFplus. Функция служит контейнером для всей бизнес-логики правила, какой бы сложной она ни была. Правила реализуются в виде выражений, которым назначаются функции. Входные данные правила называются контекстом, а выходные данные – результатом.

BRF правила можно разделить на 2 основных вида:

- Check Entity –правила служат для проверки сущности и вывода соответствующего сообщения об ошибке или предупреждения
- Derivation – правило для написания деривации, то есть если пользователь вводит какое-то конкретное значение в поле или значения в несколько полей, то автоматически подставляется определенное значение, прописанное в правиле, в другое поле.

3. SAP BAPI

SAP BAPI (интерфейс программирования бизнес-приложений) – это стандартный интерфейс для моделей бизнес-объектов в продуктах SAP. BAPI – это основной метод взаимодействия кода клиента и сторонних приложений с продуктами SAP. BAPI затрагивают внутренние слои модели бизнес-объектов SAP, чтобы гарантировать, что вся бизнес-логика, проверки и проверки полномочий выполняются должным образом при доступе или изменении бизнес-объектов.

Интерфейсы реализованы в виде функциональных модулей, которые называют SAP Internal code (внутренний код). В зависимости от используемого набора BAPI они могут вызывать модели бизнес-объектов, определенные с помощью платформы обработки бизнес-объектов, или устаревшие модели, определенные с помощью программ, таблиц и функциональных модулей.

BAPI предоставляет формальный и стабильный интерфейс, который разработчики клиентского и стороннего кода могут использовать для доступа и взаимодействия с бизнес-объектами SAP. Доступ к базовым таблицам и функциональным модулям, программам и классам, отличным от BAPI, также возможен в системах SAP, но он не гарантирует стабильность работы и доступа к нему. Так, использование интерфейсов, отличных от BAPI, может привести к проблемам при обновлении системы или потребовать небольших исправлений, если изменяется подпись внутреннего функционального модуля, что делает код, который полагается на него, недействительным.

4. SAP PI

SAP NetWeaver Process Integration (SAP NetWeaver PI) – интеграционный компонент платформы SAP NetWeaver.

Он развернут на базе сервера web-приложений SAP NetWeaver Application Server – основы всей платформы SAP NetWeaver. Соответственно ядром SAP NetWeaver PI является интеграционный сервер Integration Engine. Он фактически является реализацией брокера сообщений и предлагает типичные его функции, включая преобразование сообщений, их маршрутизацию, механизмы публикации и подписки.

В качестве входного формата данных шины используется XML. Одним из элементов Integration Engine является и механизм дирижирования бизнес-процессами. Под управлением сервера приложений функционируют адаптеры, позволяющие транслировать обращения к фирменным интерфейсам приложений в обмен XML-сообщениями. Одним из основных является адаптер Web-сервисного протокола SOAP.

В комплект поставки SAP также включаются ряд других адаптеров – для доступа к JMS, FTP, электронной почте и пр. Важным качеством SAP NetWeaver PI является наличие в нем двух репозиториев метаданных об интеграционных связях – кодах преобразований, бизнес-процессах, источниках и получателях сообщений, настройках коннекторов. Один из репозиториев предназначен для этапа разработки (он называется Repository), другой – для развертывания (Directory). Предлагаются инструменты для копирования данных на новые конфигурации системы. Это позволяет вести разработку и тестирование в условиях, максимально близких к «живой» системе. Кроме того, SAP поставляет уже заполненный Repository для своих собственных приложений. Крайне полезно и наличие средств управления жизненным циклом интеграционного решения.

SAP NetWeaver PI обеспечивает межсистемную и межпроцессную интеграцию и потенциально высокую масштабируемость ИТ ландшафта предприятия, давая возможность взаимодействия систем различных производителей, работающих под управлением различных операционных систем и с различными СУБД.

5. Реализация

С июня 2018 года на сайт Центрального банка РФ изменил формат предоставления данных о кредитных учреждениях. Теперь больше не представлен архив со списком только измененных банков, в архиве содержатся все банки РФ. В связи с этим возникла необходимость разработать программы для автоматического и ручного обновления таблицы банков BNKA по данным Центрального банка РФ.

Для этого нужно разделить разработку и расширения в системе на следующие этапы:

- расширение прозрачной таблицы BNKA (справочник кредитных организаций). Данное изменение обеспечивает возможность сохранения данных о принципе ведения записей данного справочника (вручную/автоматически), а также расширяет модель статусов записи;
- доработка набора BAPI для возможности работы с расширенной таблице BNKA;
- разработка интеграционного интерфейса с внешним ресурсом http://www.cbr.ru/ (сайт Центрального банка РФ) для автоматического обновления данных справочника кредитных организаций, через PI;
- разработка отчета, позволяющего просмотреть записи справочника кредитных организаций, измененных в результате работы интеграционного интерфейса, с возможностью просмотра списка контрагентов, имеющих ссылки на соответствующие записи справочника.

Для обеспечения дополнительной функциональности ведения справочника кредитных организаций необходимо расширить стандартную прозрачную таблицу BNKA следующими полями (таблица 1).

Для обеспечения возможности работы с расширенной таблицей BNKA, необходимо разработать соответствующие функциональные модули в Z* области на основе следующих функциональных модулей:

- BAPI_BANK_CHANGE – изменение данных существующего банка.

BAPI_BANK_CREATE – создание нового банка.

Таблица 1

Расширение таблицы BNKA

		Тип данных	**Длина**	**Допустимые значения**
ZINTYPE	Элемент с меткой «Тип ведения»	CHAR	1	‘H’ – ручной ‘I’ – интеграция
ZSTATUS	Элемент с меткой «Статус»	CHAR	1	‘’ – действующий ‘N’ – новый, не согласованный ‘C’ – измененный, не согласованный ‘B’ – блокирован ‘W’ – предупреждение (изменение реквизитов либо отзыв лицензии) ‘D’ – удален
ZCBSTATUS	Элемент с меткой «Статус ЦБ»	CHAR	4	

Функциональные модули создаются при помощи копирования соответствующих BAPI с добавлением в начало имени литеры ‘Z’ и дорабатываются для поддержки работы с новыми полями расширенной таблицы. Логика интерфейса автоматического обновления данных справочника кредитных организаций реализуется в виде ABAP-отчета, запускаемого в качестве запланированного фонового задания на ежедневной основе.

Процесс обновления состоит из четырех основных шагов:

- запрос и обработка списка доступных файлов обновлений из внешней системы http://cbr.ru/;
- распаковка и загрузка в память данных обновлений;
- распаковка и загрузка в память данных справочника соответствия БИК – СВИФТ-БИК;
- обработка загруженных данных и обновление справочника кредитных организаций.

Вызов SOAP сервиса в PI и его структура по полю «type_request» будет определять какой запрос к ЦБ РФ необходимо выполнить. В ответ PI будет отправлять вышеуказанную структуру и файл, переданный из ЦБ РФ. Тип запроса, который нужно разработать: https://www.cbr.ru/s/newbik. Назовем его «Тип 1».

Запрос файла данных обновления осуществляется при помощи вызова в PI SOAP сервиса si_ZMDMI214_cbr_bik_sync_out, (тип 1). В ответ на запрос PI, в теле сервиса, возвращает соответствующий файл, который является архивом .zip, содержащим файл xml. Из полученного архива необходимо извлечь и загрузить в память xml-файл. Далее, нужно отфильтровать полученные записи:

Если в первой строке нового значения столбца BIC поле NameP или RegN пустое, то удалить или проигнорировать записи с текущим BIC.

Если поле NameP не пустое и Rstr = «LWRS» – отзыв лицензии или «URRS» – ограничение сервиса срочного перевода и RstrDate < sy-datum, то на записи банка необходимо установить метку удаления и статус блокировки (предварительно проверив их отсутствие на записи банка) установкой значения ‘X’ в поле «Метка удаления» (таблица BNKA поле LOEVM) и значения ‘D’ (удален) в поле «Статус» (таблица BNKA поле ZSTATUS). Обновление производится при помощи ФМ ZBAPI_BANK_CHANGE (листинг 2).

Если DateIn = sy-datum, то необходимо создать запись банка через ФМ ZBAPI_BANK_CREATE по данным BIC. Загружаемые данные представлены в листинге 3.

Записи обновления данных в загруженной таблице (далее CH_TAB) интерпретируются следующим образом:

- операция с кодом «0» (удаление) представляется одной записью;
- операция с кодом «1» (создание) представляется набором из n записей, где n соответствует количеству полей в соответствующей таблице модели данных ЭБД «Справочник БИК России» (имя таблицы указано в поле DBF_).
- операция с кодом «2» (изменение) представляется набором из k записей, где 1 <= k <= n, определяющим обновляемые поля.

В таблице CH_TAB необходимо оставить только записи операций обновления таблицы BNKSEEK (основная таблица с данными кредитных организаций), соответственно, все записи со значением поля FIELD_ не равным «BNKSEEK» и «BNLDEL» можно удалить.

Далее необходимо обновить данные справочника кредитных организаций по следующему алгоритму:

Для операций с кодом «0» (удаление) обновление справочника производится в объеме: установкой значения ‘X’ в поле «Метка

удаления» (таблица BNKA поле LOEVM) и значения ‘D’ (удален) в поле «Статус» (таблица BNKA поле ZSTATUS). Обновление производится при помощи ФМ ZBAPI_BANK_CHANGE

Для операций с кодом «1» (создание) и со значением поля FIELD_ не равным «BNKDEL» выполняется изменение записи в справочнике с соответствующими значениями полей. Обновление производится при помощи ФМ ZBAPI_BANK_CREATE;

Для операций с кодом «1» (создание) и со значением поля FIELD_ не равным «BNKSEEK» выполняется создание записи в справочнике с соответствующими значениями полей. В поле «Тип ведения» (таблица BNKA поле ZINTYPE) устанавливается значение ‘I’ (интеграция), в поле «Статус» (таблица BNKA поле ZSTATUS) значение ‘’ (действующий). Создание производится при помощи ФМ ZBAPI_BANK_CREATE;

Для операций с кодом «2» (изменение) выполняется обновление соответствующих полей записи. При изменении значения в поле ЭБД REAL (FIELD = ‘REAL’) необходимо обновить поле «Статус» (таблица BNKA поле ZSTATUS) записи в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2

Расширение таблицы BNKA

AccRstr	Описание	ZSTATUS
	УЧАСТВУЕТ В РАСЧЕТАХ	‘’
БЛОК	РАСЧЕТЫ БЛОКИРОВАНЫ	‘B’
ВАДМ	ВРЕМЕННАЯ АДМИНИСТРАЦИЯ	‘B’
ИЗМР	ИЗМЕНЕНЫ РЕКВИЗИТЫ	‘W’
ИСКЛ	НАЧАТ ПРОЦЕСС ЛИКВИДАЦИИ	‘B’
ЛИКВ	ЛИКВИДАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ЛИКВИДАТОР, КОНКУРСНЫЙ УПРАВЛЯЮЩИЙ)	‘B’
ОТЗВ	ОТОЗВАНА ЛИЦЕНЗИЯ	‘B’
ЗСЧТ	ЗАКРЫТИЕ СЧЕТА	‘W’
ИНФО	ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПОВЕЩЕНИЕ О ПРЕДСТОЯЩИХ ИЗМЕНЕНИЯХ	‘W’
ВРФС	ВРЕМЕННОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЧЕТА	‘B’

Для каждой выполненной операции обновления справочника необходимо записать в лог приложений (объект ZINTF, подобъект BIC_MD) сообщение об обновлении данных в справочнике, содержащее код БИК записи (BNKA~BANKL) и текущее значение поля «Статус» (BNKA~ZSTATUS).

COMMIT осуществляется после полной обработки таблицы CH_TAB при отсутствии критичных ошибок. При наличии ошибок производится ROLLBACK и, в случае обработки нескольких файлов обновлений, дальнейшая обработка прерывается. Соответствующие сообщения необходимо добавить в лог приложений.

После успешной обработки необходимо сохранить в системе порядковый номер обработанного файла обновлений в таблице TVARVC.

После загрузки обновлений из ЭБД «Справочник БИК России» необходимо провести обновление значений SWIFT (BNKA~SWIFT) в соответствии с загруженным справочником соответствия БИК – СВИФТ-БИК.

Для каждой выполненной операции обновления необходимо записать в лог приложений (объект ZINTF, подобъект BIC_MD) сообщение об обновлении данных в справочнике, содержащее код БИК записи (таблица BNKA поле BANKL) и текущее значение поля «SWIFT/БИК для международных платежей» (таблица BNKA поле SWIFT).

Заключение

В работе предложена программа для автоматического и для ручного обновления таблицы данных банков (BANKN) согласно сведениям ЦБ РФ. В качестве конечных пользователей приложение ориентировано на сотрудников компании «Северсталь – Инфоком».

В системе реализовано:

- Своевременное обновление данных.
- Удобное отображение данных для пользователя.
- Корректность обновляемых данных.
- Возможность добавления новых столбцов в таблицу пользователем.
- Возможность отследить историю обновления данных.
- Возможность вручную обновить данные таблицы.

Требования к составу и параметрам технических средств обусловлены тем, что приложение является частью системы SAP ERP.

Список литературы

1. Carmine D’Arconte. Business Intelligence applied in Small Size for Profit Companies // Procedia Computer Science. – 2018. – №131. – P.45–57.

Расчет KPI сотрудников средствами Smart Data Integration

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com[1]
И. Д. Елисов, email: id.elisov@stalcom.com [2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *была разработана вычислительная часть для подсчета ключевых показателей эффективности работников одного из подразделений компании ПАО «Северсталь», обеспечивающая самостоятельную загрузка данных в систему пользователем; автоматический пересчет показателей сразу после загрузки данных в систему; использование выполненных вычислений на платформе Microsoft Power BI.*

Ключевые слова: *KPI, SAP BW, Smart Data Integration.*

Введение

Сегодня большинство компаний хранят огромные объемы секретных данных, которые накапливались годами или даже десятилетиями. Анализ этих данных может помочь получить полезную информацию, которая даст им улучшить процесс принятия решений. После анализа данные дают различное представление о тенденциях рынка, движениях конкурентов, внутреннем состоянии предприятия и т.п. С течением времени объемы обрабатываемых данных многократно возрастают. В связи с этим в данный момент остро стоит проблема обработки больших массивов информации.

Также следует отметить, что разработка классических решений, позволяющих работать с данными, занимает довольно долгое время и может обойтись организации очень дорого. В связи с тем, что предприятия стремятся всячески экономить денежные и временные ресурсы, многие данные могут обрабатываться на персональных компьютерах работников, где скорость обработки информации становится еще ниже, и проблема низкого быстродействия возникает на куда более низких объемах данных. Поэтому, для того чтобы ускорить разработку требуемого решения и снизить его стоимость компания SAP представила парадигму Smart Data Integration [1-3], которая используется в ходе выполнения данной работы.

Решение задач повышения эффективности работы предприятия нецелесообразно без применения современных вычислительных систем.

© Илларионов И. В., Елисов И. Д., 2020

Так как невозможно подстроиться под точный учет всех показателей разнообразных предприятий, готовых решений как на российском рынке ПО, так и на зарубежном практически нет. К тому же отчетность на предприятии, на базе которого выполнялись работы, строится с помощью инструментария SAP BW (Business Warehouse). Учитывая все эти факторы, было решено создать собственное решение для подсчета ключевых показателей эффективности.

Также важно отметить, что в последнее время стало актуально проводить оценку персонала в отношении их способностей и качества работы. Такая тенденция связана с тем, что руководители предприятий желают улучшить результаты работы самой организации, стараясь задействовать потенциал своих сотрудников в большей степени. Однако, любая оценка проводится в соответствии со стандартами, либо положениями, разработанными внутри самой организации. Оценка труда предназначена не только для руководителей, но и для самих сотрудников, которые с ее помощью получают информацию о результатах своей работы, уровне квалификации и потенциала. Поэтому оценивание трудовой деятельности персонала по ключевым показателям эффективности является актуальным на сегодня.

Целью работы является разработка вычислительной части для подсчета ключевых показателей эффективности работников одного из подразделений компании ПАО «Северсталь».

К системе выдвинуты следующие требования:

- самостоятельная загрузка данных в систему пользователем;
- удобный пользователю формат загружаемых данных;
- автоматический пересчет показателей сразу после загрузки данных в систему;
- возможность для пользователя в дальнейшем самостоятельно добавлять новые таблицы в систему;
- конечное использование выполненных вычислений на платформе Microsoft Power BI.

1. Общая классификация KPI

KPI – измеримая величина, демонстрирующая насколько эффективно выполняются определенные действия. Организации используют ключевые показатели эффективности на нескольких уровнях для получения целостной картины функционирования предприятия и оценки деятельности работников.

KPI дает оценку эффективности деятельности, а, значит, руководство компании получает инструмент, позволяющий определить, насколько управление компанией соответствует уровню достижения стратегических целей. Персонал, формируя отчеты о результатах своей

работы по заданным показателям, имеет возможность сравнить итоги с ключевыми показателями и оценить реальную эффективность своего вклада в дело достижения глобальных целей компании, и, соответственно, анализировать свою деятельность и проводить работу над ошибками.

На практике при разработке KPI руководителей и сотрудников важно соблюдать баланс между их индивидуальными и командными показателями. Для генерального директора (CEO) индивидуальные показатели — это KPI организации. Топ-менеджеры (директора) предприятия, несмотря на функциональные различия, должны работать как управленческая команда и также оцениваться по KPI уровня организации. Но для них это будут командные показатели. Руководители структурных подразделений могут оцениваться как по командным (KPI организации), так и по индивидуальным показателям (KPI своих подразделений). Для рядовых сотрудников командными результатами работы будут KPI их подразделения и даже всей организации. Остальные показатели — это их индивидуальные результаты. Каждое предприятие для каждой должности выбирает свое соотношение индивидуальных и командных KPI в зависимости от специфики этой должности, характера выполняемой работы, ее автономности и самостоятельности или, напротив, влияния на общие результаты работы и зависимости от других подразделений и работников. Так, примерное соотношение индивидуальных и командных показателей на разных уровнях предприятия обычно выбирается в соотношениях, отраженных в табл. 1.

Таблица 1

Пример распределения KPI по уровням организации

Уровень	KPI организации	KPI подразделения	KPI индивидуальные
Топ-менеджеры	100%		
Руководители подразделений	40%	60%	
Сотрудники	10%	30%	60%

Для результатов, допускающих количественное измерение, используют количественные показатели. Значения таких показателей выражаются в виде некоторого действительного числа, имеющего определенный физический или экономический смысл. К ним относятся все финансовые показатели (выручка, чистая прибыль, постоянные и переменные издержки, показатели рентабельности, оборачиваемости,

ликвидности и другое), а также часть рыночных показателей (объем продаж, доля рынка, размер/рост клиентской базы и так далее) и показателей, характеризующих эффективность бизнес-процессов и деятельность по обучению и развитию предприятия (например, производительность труда, производственный цикл, время выполнения заказа, текучесть персонала, количество сотрудников, прошедших обучение, и другое).

Однако большинство характеристик и результатов работы организации, подразделений и сотрудников строгому количественному измерению не поддаются. Для их оценивания используют качественные показатели. Качественные показатели измеряют с помощью экспертных оценок, то есть субъективно, путем наблюдения за процессом и результатами работы. К ним, например, относятся такие показатели, как относительная конкурентная позиция предприятия, индекс удовлетворенности клиентов, индекс удовлетворенности персонала, уровень трудовой и исполнительской дисциплины, качество и своевременность представления документов, соблюдение стандартов и регламентов, выполнение поручений руководителя и многие другие. Качественные показатели, как правило, являются опережающими, так как влияют на конечные результаты работы организации и «предупреждают» о возможных отклонениях количественных показателей. Например, снижение индекса удовлетворенности сотрудников приводит к уменьшению производительности труда и росту текучести персонала. Уменьшение индекса удовлетворенности клиентов неизбежно отражается на объеме продаж и финансовых показателях предприятия и так далее. Контроль качественных показателей приводит к улучшению количественных показателей. Качественные показатели — это причина. Количественные показатели - следствие. Если мы хотим получить желаемое следствие, необходимо контролировать и измерять его причину. В этом смысл качественных показателей. Что измеряем, то и получаем. Если мы будем измерять качественные показатели, то с большей вероятностью получим и требуемый количественный результат.

Система KPI может быть разделена на несколько видов:

- целевые - отражают, насколько фирма близка к достижению поставленной маркетинговой цели.
- процессные — это то, насколько эффективен процесс внедренной системы, они помогают оценить деятельность организации и при наличии ошибок организовать процесс по-другому.

– проектные - нацелены на конкретные частные задачи и показывают, выполняется ли планируемая работа в компании в целом.
– внешние - отражают ситуацию на рынке в целом; сотрудники не могут влиять их значение.

Исходя из данной выше классификации видов ключевых показателей эффективности, можно сделать вывод о том, что в подразделении, для учета работы которого создается данное решение, стоят цели проектного вида.

2. Анализ моделируемой системы

Концепция использования рабочих областей состоит в том, чтобы определенная группа пользователей могла получить строго регламентированный доступ к ресурсам БД SAP HANA, к которым, в частности, можно отнести выделенный объем памяти и правила именования объектов. В первую очередь при разработке определим необходимые нам ограничения (таблица 2).

Для предоставления доступа к Web Dynpro ABAP приложениям, к которым относится рабочая область, необходимо у объекта полномочий «S_START» поле «AUTHPGMID» задать равным «R3TR», а поле «AUTHOBJTYP» обозначить как «WDYA». Оставшееся поле «AUTHOBJNAM» должно содержать имена приложений или их конфигурации. В нашем случае посредством «AUTHOBJNAM» мы закладываем доступ на ведение пользователем рабочей области, запросов (BEx Query), композитных провайдеров и локальных провайдеров.

Одной из наших целей является самостоятельная загрузка данных пользователем в систему в нужном ему формате прямо с его рабочего компьютера. Для этого идеально подходит локальный провайдер. В рамках рабочей области каждый, кто имеет к ней доступ, сможет создавать, удалять и редактировать их. Также процедура создания упрощается тем, что при загрузке файла с данными (как правило в формате xls, xslsx, csv), система анализирует их и предлагает каждому столбцу свой тип данных, например, DATE, CHAR, INT или FLOAT, но окончательный выбор остается за пользователем. На заключительном этапе создания локального провайдера все данные из загруженного файла прогоняются на соответствие выбранному типу данных. В случае несоответствия, указываются конкретные поля, которые не подошли. Также имеется возможность предварительного просмотра информации в том виде, в котором она будет сохранена в БД.

Если пользователю понадобится каким-либо образом объединить несколько таблиц, то он может загрузить каждую отдельно как

локальный провайдер, а для их объединения использовать композитный провайдер. Его средствами можно сделать разного вида «JOIN» или «UNION» таблиц.

Таблица 2

Ограничения для рабочей области

Объект полномочий	Поле полномочий	Значение
S_START	AUTHPGMID	R3TR
	AUTHOBJTYP	WDYA
	AUTHOBJNAM	RSL_UI_CHANGE_QUERIES
		RSL_UI_CHANGE_WORKSPACE
		RSL_UI_CREATE_COPR
		RSL_UI_CREATE_PROVIDER
		RSL_UI_MY_WORKSPACE
S_TCODE	TCD	RSWSPW
S_USER_GRP	CLASS	*
	ACTVT	03
S_OC_SEND	COM_MODE	INT
		OFF
		RML
	NUMBER	*
S_RS_AINX	RS_AINX	*
	ACTVT	03
		23
		33
		34
S_RS_CPRO	ACTVT	*
	RSCPRO	ZCS*

Так же, как и в основном направлении деятельности сотрудников модуля BW, в рабочей области можно создавать запросы (BEx Query), по-другому называющиеся отчетами. С их помощью можно просматривать данные в виде плоской таблицы, добавлять различные

аналитики как к строкам, так и к столбцам. Главное отличие заключается в том, что здесь пользователь может это делать самостоятельно, пусть и в куда более простом исполнении. Отчеты можно строить как на композитном провайдере, так и на локальном, т.к. для системы обязательным условием является построение запроса только на инфо-провайдере, коим вышеперечисленные являются.

3. Реализация

Для ведения ролей в системах SAP используется транзакция «PFCG». С ее помощью можно создавать, удалять, редактировать роли, которые включают в себя как объекты полномочий, так и список пользователей системы, которым эта роль присвоена. Помимо вышеперечисленного у каждой роли есть свой профиль, который так же присваивается пользователям.

Для ведения рабочих областей пользователями будет использоваться транзакция «RSWSPW», в которой они могут вносить в них мелкие правки, такие как переименование или изменение провайдеров. Доступ к ней был заложен на этапе анализа моделируемой системы и отражен в таблице 1 в объекте полномочий «S_TCODE».

В нашем случае, будет использоваться транзакция «RSWSP», которая открывает возможности для всех действий с рабочими областями. Здесь нас интересуют только создание области, задание фиксированного префикса для провайдеров в ней (совпадающего с указанным в ролевой модели) и задание верхней границы объема выделенной памяти. Все вышеперечисленное вводится в интерфейсе транзакции.

Чтобы не использовать большие справочники с датами, рабочими и выходными днями в течение года, подобных таблице «TFACS» и далее не разрабатывать логику для их чтения под эту задачу, будем руководствоваться теми датами, которые загружаются в локальный провайдер «Процент загрузки». Он будет называться «Workload» и станет заполняться всеми днями месяцев, над которыми идет учет показателей эффективности, таким образом этот источник дает исчерпывающую информацию для проектирования. Разместим на рабочей области инструмент «Projection», который ссылается на таблицу, загружаемую пользователем в БД.

В связи с тем, что в справочниках есть промежутки времени, когда работник оформлял отсутствие, до одного из последних этапов разработка пойдет «от противного», то есть будет подбираться из всего массива дат только те, когда пользователя не было на месте, а в конце они инвертируются. Тем самым получатся те даты, в которые необходимо считать ключевые показатели эффективности.

В таблице «Absences» данные об отсутствиях хранятся промежутками дат, в связи с этим обстоятельством прямо сравнивать дату рабочего календарного дня с датой в таблице отсутствий не представляется возможным. Поэтому для начала необходимо соединить эти таблицы по полю «табельный номер» таким образом, чтобы данные по отсутствиям «обогатились» полями из справочника дней. Для этого используем инструмент «Join» с левым соединением, где основной таблицей будет «Absences» .

Проанализировав, можно прийти к выводу о том, что необходимо построчное сравнение дат из справочника «Workload_date» с промежутками дат отсутствий работников «Absence_Date_From» и «Absence_Date_to». Это даст понимание того, находится ли день в интервале или нет. Для этого нужно добавить еще один элемент «Projection», в который после направить данные из получившегося на предыдущем этапе соединения. Далее в этом узле создается «Calculated Column» типа «integer». Внутрь его выражения вводится код, который означает, что при попадании «Workload_date» в интервал между границами отсутствий, тогда поле принимает значение «1», иначе значение «0» при соответствии табельных номеров в итерационной строке. Это условие равенства необходимо, так как соединение «Join» было несимметричным, в связи с этим могут возникнуть ситуации, когда поле «TabN_1» будет пустым. На этом же этапе оставим только нужные нам даты, то есть те, где новый столбец принимает значение «1».

Таким образом, имеется таблица, где построчно имеются даты отсутствий того или иного сотрудника. Это удобно для дальнейшего моделирования, в отличие от временных интервалов.

Далее к результату присоединяется та таблица, которая сформировалась после выполнения Flowgraph. Из нее необходимо исключить те дни, которые отсутствовали сотрудники, поэтому критерием соединения являются табельный номер работника и даты. «Join»-соединение так же будет производиться несимметрично, «в пользу» данных с действиями сотрудников.

На следующем этапе путем инвертирования оставим только те даты, в которые сотрудники не имели отсутствий. Для этого необходимо добавить Calculated Column типа «integer» с кодом в условном операторе. Таким образом, значение в этом столбце станет равным «1» в случае, если признак отсутствия нулевой, иначе «0». На первый взгляд может показаться, что можно было использовать тип данных «boolean», но далее необходимо будет подсчитывать количество отработанных дней, а для этого отлично подойдет целочисленный тип «integer». На

этом этапе остается только отфильтровать данные по этому столбцу, оставив только значения равные «1».

Присоединим к результату предыдущих действий таблицу с загруженностью сотрудников в каждый из учитываемых дней. Эти данные берутся так же из локального провайдера рабочей области. Снова необходимо применить несимметричное «Join»-соединение по табельному номеру «в пользу» таблицы с действиями работников.

Теперь, располагая этими данными, можно, исходя из постановки, отфильтровать дни с нулевыми значениями загруженности. Заодно уберем из учета выходные дни в том же условном операторе, чтобы не тратить ресурсы на ненужные вычисления. Для этого создаем Calculated Column типа «integer». Функция «weekday» в Column Engine забирает в обработку дату в формате «ГГГГММДД», а результатом ее выполнения являются целые числа в интервале от «0» до «6», обозначающие день недели, начиная с понедельника. Таким образом, нужны для учета значения от «0» до «4», включительно. Условие с полем «Workload» убирает дни с нулевой загруженности, а соответствие дат дает сравнение только необходимых строк в таблице.

Заключительным элементом в разработке Calculation View будет являться «Aggregation». Внутри него будут рассчитаны показатели, требуемые в данной работы с помощью создания нескольких Calculated Column.

- «Отработано дней». Для подсчета этого показателя воспользуемся встроенными возможностями элемента «Aggregation», а именно укажем нужный столбец «Workday_count» в качестве агрегируемого с типом «SUM»;
- «Процент загрузки». Расчет аналогичен тому, который описан выше в пункте 1, но со столбцом «Workload»;
- «Факт». Расчет аналогичен тому, который описан выше в пункте 1, но со столбцом «Infotype_weight»;

Заключение

В рамках данной работы была разработана вычислительная часть для подсчета ключевых показателей эффективности работников одного из подразделений компании ПАО «Северсталь», которая удовлетворяет следующим требованиям:

- самостоятельная загрузка данных в систему пользователем;
- удобный пользователю формат загружаемых данных;
- автоматический пересчет показателей сразу после загрузки данных в систему;

– возможность для пользователя в дальнейшем самостоятельно добавлять новые таблицы в систему;
– конечное использование выполненных вычислений на платформе Microsoft Power BI.

Список литературы

1. SAP HANA Smart Data Integration and SAP HANA Smart Data Quality 2.0 SP00 Document Version: 1.0 – 2016-12-07 Configuration Guide
2. Шульц, О.Б. Практика SAP. Руководство для новичков и конечных пользователей / О.Б. Шульц. – Москва: Эксперт РП, 2012. – 416 с.
3. Савкин, М. Автоматизация процессов в SAP. Функциональные возможности / М. Савкин. – Москва: Эксперт РП, 2012. – 160 с.
4. Сигрид, Х. SAP R/3 Системное администрирование / Х. Сигрид, Л .Вилл. – Москва: Лори, 2007. – 480 с.
5. Питеркин, С.А. Настройка организационной структуры предприятия в модуле SAP управления материальными потоками / С.А. Питеркин. - Москва: Книжный мир, 2010. – 223 с.
6. Люк, Г. Управление организационными изменениями при внедрении SAP / Г. Люк, К. Зигфрид. – Москва: Эксперт РП, 2009. – 384 с.
7. Рид, Д. Настольная книга SAP-консультанта / Д. Рид, М. Доан. – Москва: Эксперт РП, 2008. – 288 с.

Проектирование и разработка BI веб-приложения для проведения спортивных мероприятий

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com[1]
М. А. Титова, email: titova_rit@mail.ru [2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматривается процесс проектирования и реализации веб-приложения, от носящегося к классу BI систем. Исходя из анализа существующих на рынке решений предложена архитектура системы и средства ее реализации. Описан процесс интеграции разнородных данных.*

Ключевые слова: *Business intelligence, BI, web системы.*

Введение

На сегодняшний день во многих организациях имеются значительные объемы накопленных данных, которые могут способствовать решению разнообразных аналитических и управленческих задач. Решение данных задач необходимо для оценки текущего состояния дел, последующего достижения целей компании, принятия стратегически верных направлений развития и совершенствования компании, а также сохранения и повышения её конкурентоспособности на рынке.

Для решения разнообразных вышеуказанных типов задач используются системы класса Business Intelligence (BI) предоставляющие инструментарий для детального анализа сложившейся ситуации в организации и причин, которые к ней привели (как позитивных, так и негативных).

Потребность в системе анализа данных возникает в организациях и фирмах, функционирующих в различных предметных областях. Например, в организациях, поддерживающих веб-приложения, зачастую имеется необходимость отслеживать различного рода показатели. Одним из таких показателей является используемость системы.

Основными требованиями к системе являются:

- быстрота создания.
- гибкость работы с данными. Необходимо для обеспечения быстрого добавления показателей в систему и подключение к ней любого источника данных без изменения или

© Илларионов И. В., Титова М.А. 2020

незначительного изменения архитектуры приложения, так как различного рода статистика, использования того или иного
- программного модуля системы, может изменяться по требованию заказчика (возможно как добавление и отображение новых параметров статистики, так и отказ от использования уже введенных в функционирование системы показателей).
- различные способы добавления данных. Для интеграции с различными системами (а именно программными модулями единой информационной системы), требуется взаимодействовать с различными интерфейсами получения данных.
- отображение информации в виде наглядных и понятных графиков, позволяющих оценить текущее состояние проекта.
- удобство работы с интерфейсом. Предполагается возможность вывода разрабатываемого приложения на большие экраны.

Проектируемая система позиционируется как BI продукт ввиду сбора, обработки и отображения данных, полезных для бизнеса.

1. Обзор существующих решений и используемых технологий

На рынке программного обеспечения существует довольно богатый выбор необходимых инструментов для реализации поставленных задач. На Рис. 1 представлен квадрат Gartner за 2018 год, отображающий ситуацию на рынке BI-систем, позволяющий оценить продукты и их производителей.

Рис. 1. Гартнеровский квадрат для BI систем

Каждая из представленных систем не решает задачу сбора данных в полной мере, а также задачу непосредственного определение показателя используемости систем. Кроме того, все представленные системы обладают рядом недостатков, что обуславливает актуальность проектирования и разработки новой системы [1-3].

Определение требований к программному продукту

Целью является проектирование и разработка BI-системы, являющейся веб-приложением, показывающей используемость программных модулей единой информационной системы для проекта Зимней Универсиады в Красноярске 2019.

Заказчикам и высокопоставленным лицам, отвечающим за проведение мероприятия, необходимо приложение, удобное в использовании и предоставляющее информацию и статистику по каждому программному модулю единой информационной системы (ЕИС), для возможности оперативного решения возникающих проблем и для оценки качества проведения мероприятия.

Из этого следует, что веб-приложение должно выводить необходимую статистику по различным показателям, которые во время проведения мероприятия могут меняться по требованию заказчиков. Также приложение должно определять и предоставлять информацию об используемости или же не используемости того или иного программного модуля ЕИС на основе данных, полученных для анализа. В системе необходимо реализовать возможность гибкого добавления данных, так как различного рода показатели статистики могут меняться и могут требоваться данные из источников, которые ранее не были использованы. Приложение должно показывать и изменять данные по статистике в режиме реального времени в интерфейсе пользователя.

Также веб-приложение должно обладать адаптивным дизайном, удобным и понятным для пользователей интерфейсом и поддерживаться основными популярными семействами браузеров.

2. Архитектура системы

При разработке архитектуры компонентов BI-системы выдвинуто четыре требования: система должна быть быстро развернута для эксплуатации, система должна быть легко масштабируемой для простого добавления любого источника данных, система должна регулярно собирать данные со всех источников получения данных, быстро отображать все необходимые данные. Также следует отметить тот факт, что базироваться система должна на программном обеспечении, находящимся в свободном доступе.

Первые два требования из четырех выдвинутых, а именно быстрая развертка системы для эксплуатации и легкая масштабируемость системы, достигаются за счёт выбранных технологий. Они включают в себя свободно распространяемые СУБД PostgreSQL, фреймворк Ruby on Rails, веб-сервера Nginx и Puma, средство контейнеризации приложений Docker.

Общий вид архитектуры системы представлен на Рис. 2.

Каждый сервис, в нашем случае это сервер Nginx, СУБД и непосредственно само приложение, упаковано в отдельные Docker контейнеры. Так как разрабатываемая система является веб-приложением, то в роли Клиента выступает браузер пользователя.

Через браузер происходит подключение к веб-серверу Nginx по 443 порту. Данный порт отвечает за HTTPS соединение, которое является шифрованным и для него используются специальные сертификаты для подтверждения подлинности домена. Данный порт используется для того, чтобы информацию, передающуюся от сервера клиенту в виде веб-страницы, никто не мог перехватить и внести в нее какие-либо изменения.

Docker-контейнер Nginx, на рисунке обозначенный как Docker web, соединен с самим приложением по 3000 порту. Порт имеет выход наружу в систему и зарезервирован docker-контейнером, поэтому сервер Nginx может свободно взаимодействовать (передавать и получать трафик) с контейнером приложения, который на рисунке обозначен как Docker app.

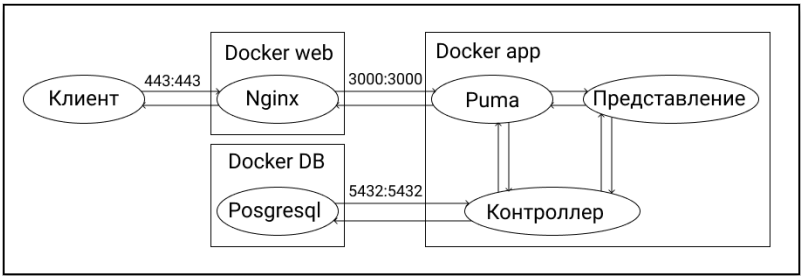


Рис. 2. Архитектура системы

В контейнере приложения (Docker app) развернут сервер Puma и само Ruby on Rails приложение, которое представляется собой MVC-паттерн, имеющий структуру модель – представление – контроллер. В данном случае блок модель вынесен в отдельный docker-контейнер

Docker DB, так как в основу архитектуры системы заложен принцип: один сервис – один контейнер. Такая структура используется для простоты настройки сервисов по отдельности. Каждый из сервисов, помещенный в отдельный контейнер, является обособленным, а взаимодействие между обособленными контейнерами осуществляется через порты.

3. Источники данных и их обработка

Следующим этапом проектирования является определение источников, из которых в систему будут поступать данные для дальнейшей обработки.

Данные в систему должны поступать из двух типов источников:

– напрямую при подключении к различным базам данных.
– получаемые при подключение к различным API .

Так как требуется обновлять статистические данные, подключение к различным базам данных и API происходит последовательно.

Общая схема сбора и обработки данных представлена на Рис. 3.

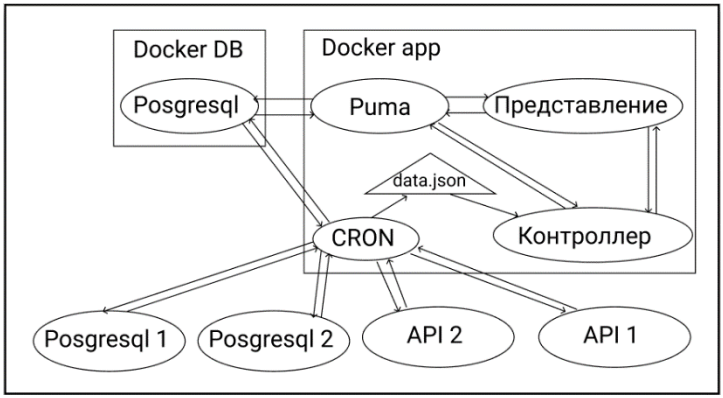


Рис. 3. Схема обработки данных

В ЕИС имеется некоторое количество (N) различных баз данных и некоторое количество различных API, к которым необходимо подключаться и собирать данные. Данные базы данных и API отображены на диаграмме, как PostgreSQL 1, PostgreSQL 2, API 1, API 2, тем самым показывая, что взаимодействие происходит не с одной конкретной БД или API, а с большим их количеством.

По требованию данные должны обновляться раз в час, из этого следует, что сбор данных также должен осуществляться каждый час.

Для этого используется такое средство, как cron, предназначенное для периодического выполнения задач в определенное время, в данном случае задачи будут выполняться раз в час.

Так называемые cron-задачи запускаются и последовательно считывают данные из различных баз данных, подключаются к API и также считывают необходимые данные, которые потом записываются в базу данных разрабатываемого приложения (Docker BD – PostgreSQL).

Далее данные, полученные из всех источников, подвергаются обработке, которая включает в себя:

- вычисление разницы полученных значений. Разница значений рассчитывается для требуемого отображения на графиках, так как они должны являться показательными.
- отображение изменений за час и день. Для этого данные на фоне обрабатываются и записываются в файл data.json. Далее происходит работа с файлом data.json , он считывается, и отображаются уже обработанные данные.

4. Механизм расчета используемости систем.

Одной из основных функций, которую должна выполнять разрабатываемая система – это определение того, используется ли конкретный программный модуль, входящий в состав единой информационной системы универсиады.

Данная функциональная возможность является достаточно информативной для заинтересованных пользователей, так как на основе предоставляемых таким образом данных о том, какие модули ЕИС используются, а какие нет, можно сделать выводы о дальнейшем развитии ЕИС, а также о возможных ее модификациях с целью повышения экономической выгоды и достижения поставленных целей.

Иными словами, данный показатель определяет, создаются ли в отдельных компонентах системы универсиады данные в том объеме, в каком этого ожидает пользователь. Если каким-либо компонентом не пользуются, то никаких данных, соответственно, в нем заведено не будет.

В основе BI-модуля лежит метод, основанный на отклонении от математических ожиданий значений метрик, которые присущи каждому программному модулю ЕИС. По каждой метрике для каждого программного модуля фиксируются изменения за час и за день, для отображения статистики.

Для определения того, используется или не используется компонент, необходимо знать параметры, задаваемые пользователем, на основе которых и будут проводиться вычисления. Одним из таких

параметров является показатель использования системы, задаваемый для каждой метрики. Данный параметр отображает то значение изменения (дельты), которое ожидает видеть пользователь. Обозначим данный параметр, задаваемый пользователем вручную, как x.

Все данные по программным модулям, поступающие в систему, сохраняются в базе данных, и затем, на их основе осуществляется расчет необходимых изменений путем простого нахождения разности чисел. Рассчитанная разница – изменение показателя метрики называется дельта и обозначается Δ. По рассчитанным изменениям – дельтам находится математическое ожидание или среднее значение случайной величины. Затем происходит расчет процента отклонения рассчитанного значения (математического ожидания) от значения, введенного пользователем. Переход от числовых значений к процентам осуществляется для более удобного дальнейшего сравнения.

Как было сказано ранее, каждому программному модулю может соответствовать более одной метрики. В таком случае для каждой метрики находятся отклонения значений от ожидаемых в процентах и высчитывается их среднее значение, общее для программного модуля в целом.

Присутствует еще один параметр, задаваемый пользователем. Это минимальный процент отклонения статистик, характерный для всех программных модулей системы. Для определения используемости или же не используемости программного модуля происходит сравнение значения минимального процента отклонения статистик, введенного пользователем через интерфейс, со средним отклонением значений для каждого ПМ.

Программный модуль считается используемым, если рассчитанное системой процентное значение меньше, чем параметр, заданный пользователем. В противном случае программный модуль ЕИС считается используемым.

Заключение

В работе рассмотрен процесс проектирования и реализации BI-системы, показывающей востребованность отдельных компонентов единой информационной системы для проекта Зимней Универсиады в Красноярске 2019. Система ориентирована на заказчиков, ответственных за проведение мероприятия, и необходима им для определения востребованности программных модулей, формирования отчетности, а также для принятия решений о развитии проекта и определения качества мероприятия.

Опираясь на предоставляемые данные статистики по использованию веб-приложений в рамках ЕИС универсиады, а также на

показатели, отображающие активность программных модулей (непосредственное использование системы в момент проведения мероприятия), ответственные лица смогут сделать выводы о том, в какие программные модули необходимо вкладывать больше средств и усилий, какие можно оставить без изменений, а от каких лучше отказаться за ненадобностью

Список литературы

1. Carmine D'Arconte. Business Intelligence applied in Small Size for Profit Companies // Procedia Computer Science. – 2018. – №131. – P.45–57.

2. 15 Best Business Intelligence Tools For Small And Big Business [Electronic resource] // FinancesOnline. – Electronic date. – 2018. – URL: https://financesonline.com/15-best-business-intelligence-tools-small-big-business/ (access date: 16.02.2019).

3. Сравнение BI систем (Tableau, Power BI, Oracle, Qlik) [Электронный ресурс] // Habr. – Электрон. дан. – М., 2019. – URL: https://habr.com/ru/post/438648/ (дата обращения: 15.02.2019).

Динамические модели процессов регистрации активности дочерних продуктов распада радона на фильтре

В. А. Каладзе [1], E-mail: wakaladze@yandex.ru,
А. Г. Бабенко [2], В. М. Вахтель [2], В. А. Работкин [2]

[1] Международный институт компьютерных технологий
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена математическая модель кинетики активности дочерних продуктов распада радона на фильтре при прокачке и измерении скорости счета. Предложена усовершенствованная методика определения объемной активности дочерних продуктов распада радона в воздухе.*

Ключевые слова: *Динамическая модель, методика определения объемной активности дочерних продуктов распада радона*

Введение

Радон вносит основной вклад в естественный радиоактивный фон за счёт естественных источников радиации. Проблема радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) заключается в их вредоносном действии на организм человека Пагубное воздействие проявляется в увеличении вероятности онкологических заболеваний дыхательной системы – радон и его ДПР попадают в организм за счёт вдыхания. Rn-222 появляется в результате α-распада естественного радионуклида Ra-226, схема распада которого представлена на рис 1.

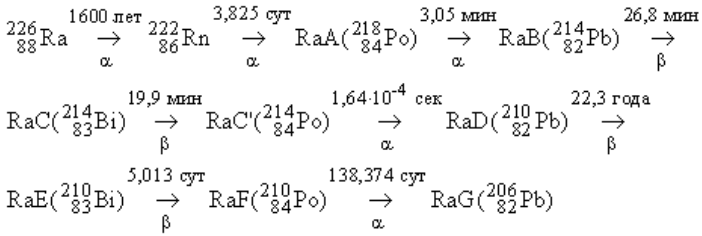


Рис. 1. Схема распада Ra-226

Методы измерения объемной активности (ОА) дочерних продуктов распада радона, основаны на аспирационном методе осаждения ДПР на фильтре с помощью системы для прокачки воздуха и последующем

© Каладзе В. А., Бабенко А. Г., Вахтель В. М., Работкин В. А., 2020

измерении осажденной активности одним из методов определения ОА радона. Измеряя активность ДПР радона, осевших на фильтр, можно оценить объемную активность раздельно для Po-218, Pb-214 и Bi-214. Для этого было разработано множество методов, основанных на одном или нескольких измерениях активности фильтра через определенные промежутки времени после прокачки [1].

Эти методы имеют ряд недостатков:

- не позволяют определить объемную активность отдельных продуктов распада радона;
- имеют фиксированные времена отбора проб, начала и окончания измерения;
- методическая ошибка составляет 40%, а при нарушении радиоактивного равновесия (работа вентиляции, осаждение ДПР на электростатически заряженные поверхности в помещении, работа ионизаторов воздуха) может увеличиваться до 100%;
- некоторые методы требуют существенно большего времени измерения (около 30 минут).

В работе предлагается более подробно исследовать зависимость кривой распада ДПР радона. С этой целью необходимо разработать математическую модель, описывающую процесс осаждения ДПР радона из воздуха на фильтр при прокачке и последующем измерении его активности. В итоге необходимо получить выражение для ожидаемой скорости счета альфа-частиц от фильтра. Усовершенствованная методика должна обеспечивать определение исходных параметров (объемной активности дочерних продуктов распада радона в воздухе) для последующего пересчета их в эквивалентную равновесную объемную активность радона. Для определения этих параметров результаты экспериментальных измерений предлагается методом наименьших квадратов аппроксимировать функцией, полученной для ожидаемой скорости счета.

2. Динамическая модель

Необходимые характеристики дочерних продуктов распада радона представлены в таблице. Из таблицы видно, что $T_{1/2}$ ^{214}Po мал, в связи с чем можно считать, что при реальных временах наблюдения (1с и выше) ^{214}Po находится в равновесии с ^{214}Bi. Поэтому интерес будут представлять только первые три продукта распада радона – ^{218}Po – RaA, ^{214}Pb – RaB, ^{214}Bi- RaC.

Таблица

Периоды полураспада дочерних продуктов распада радона

Аэрозоли в воздухе	$T_{1/2}$ **, период полураспада**
$RaA - {}^{218}Po$	3,05 мин
$RaB - {}^{214}Pb$	26, 8мин
$RaC - {}^{214}Bi$	19, 7мин
$RaC' - {}^{214}Po$	164 мкс

Предположим, что в воздухе имеются ДПР в концентрациях C_A, C_B и C_C, $ядер/м^3$. Эффективность улавливания ДПР фильтром равна η, при прокачке воздуха через фильтр со скоростью ϑ, $м^3/с$.

Изменение количества атомов i-го изотопа на фильтре от времени прокачки t обусловлено следующим:

- осаждением атомов на фильтр из прокачанного воздуха ($C_i \vartheta \eta$);
- приростом за счет распада материнских ядер ($\lambda_{i-1} N_{i-1}$);
- радиоактивным распадом ядер собственно i-го изотопа ($\lambda_i N_i$) и может быть представлено выражением:

$$\frac{dN_i}{dt} = C_i \vartheta \eta - \lambda_i N_i + \lambda_{i-1} N_{i-1}, \qquad (2)$$

где η - коэффициент осаждения ДПР на фильтр.

Решение этих уравнений для любого времени прокачки t можно представить в виде:

$$\begin{aligned} N_A &= \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_A} F_{A1}(t), ядер \\ N_B &= \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_B} F_{B1}(t) + \frac{C_B \eta \vartheta}{\lambda_B} F_{B2}(t), ядер \\ N_C &= \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C1}(t) + \frac{C_B \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C2}(t) + \frac{C_C \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C3}(t), ядер \end{aligned}, \qquad (3)$$

где

$$F_{A1}(t) = 1 - \exp(-\lambda_A t),$$

$$F_{B1}(t) = 1 - \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}\exp(-\lambda_A t) + \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}\exp(-\lambda_B t),$$

$$F_{B2} = 1 - \exp(-\lambda_B t),$$

$$F_{C1}(t) = 1 - \frac{\lambda_B \lambda_C}{(\lambda_B - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_A)}\exp(-\lambda_A t) +$$

$$+ \frac{\lambda_A \lambda_C}{(\lambda_B - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_B)}\exp(-\lambda_B t) - \frac{\lambda_A \lambda_B}{(\lambda_C - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_B)}\exp(-\lambda_C t),$$

$$F_{C2}(t) = 1 - \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_B}\exp(-\lambda_B t) + \frac{\lambda_B}{\lambda_C - \lambda_B}\exp(-\lambda_C t),$$

$$F_{C3}(t) = 1 - \exp(-\lambda_C t).$$

Если время прокачки фиксированное (t=T), то в момент окончания прокачки на фильтре будет следующее количество ядер ДПР:

$$N_A(T) = \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_A} F_{A1}(T) = const1,$$

$$N_B(T) = \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_B} F_{B1}(T) + \frac{C_B \eta \vartheta}{\lambda_B} F_{B2}(T) = const2,$$

$$N_C(T) = \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C1}(T) + \frac{C_B \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C2}(T) + \frac{C_C \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C3}(T) = const3.$$

Обозначим количество ядер ДПР на фильтре после окончания прокачки как n_A, n_B, n_C, а текущее время после окончания прокачки – τ.

Тогда:

$$\begin{aligned} \frac{dn_A(\tau)}{d\tau} &= -\lambda_A n_A(\tau), \\ \frac{dn_B(\tau)}{d\tau} &= -\lambda_B n_B(\tau) + \lambda_A n_A(\tau), \\ \frac{dn_C(\tau)}{d\tau} &= -\lambda_C n_C(\tau) + \lambda_B n_B(\tau). \end{aligned} \qquad (4)$$

Начальные условия имеют вид:

$$n_A(0) = N_A(T),$$
$$n_B(0) = N_B(T),$$
$$n_C(0) = N_C(T).$$

Решение уравнений (3) имеет вид:

$$n_A(\tau) = N_A(T)e^{-\lambda_A\tau}, \tag{5}$$

$$n_B(\tau) = N_B(T)e^{-\lambda_B\tau} + \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} N_A(T)\left(e^{-\lambda_A\tau} - e^{-\lambda_B\tau}\right), \tag{6}$$

$$\begin{aligned} n_C(\tau) = {} & N_C(T)e^{-\lambda_C\tau} - \frac{\lambda_B}{\lambda_C - \lambda_B} N_B(T)e^{-\lambda_C\tau} + \\ & + \frac{\lambda_A\lambda_B}{(\lambda_C - \lambda_B)(\lambda_C - \lambda_A)} N_A(T)e^{-\lambda_C\tau} + \frac{\lambda_B}{\lambda_C - \lambda_B} N_B(T)e^{-\lambda_B\tau} + \\ & + \frac{\lambda_A\lambda_B}{(\lambda_B - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_A)} N_A(T)e^{-\lambda_A\tau} - \\ & - \frac{\lambda_A\lambda_B}{(\lambda_B - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_B)} N_A(T)e^{-\lambda_B\tau}. \end{aligned} \tag{7}$$

Введем обозначения:

$$L_{A1}(\tau) = e^{-\lambda_A\tau},$$

$$L_{B1}(\tau) = e^{-\lambda_B\tau}, L_{B2}(\tau) = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}\left(e^{-\lambda_A\tau} - e^{-\lambda_B\tau}\right),$$

$$L_{C1}(\tau) = e^{-\lambda_C\tau}, L_{C2}(\tau) = \frac{\lambda_B}{\lambda_C - \lambda_B}\left(e^{-\lambda_B\tau} - e^{-\lambda_C\tau}\right),$$

$$L_{C3}(\tau) = \lambda_A\lambda_B\left[\begin{array}{l} \dfrac{e^{-\lambda_A\tau}}{(\lambda_B - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_A)} + \dfrac{e^{-\lambda_B\tau}}{(\lambda_A - \lambda_B)(\lambda_C - \lambda_B)} + \\ + \dfrac{e^{-\lambda_C\tau}}{(\lambda_C - \lambda_B)(\lambda_C - \lambda_A)} \end{array}\right].$$

Тогда уравнения (4), (5), (6) примут вид:

$$n_A(\tau) = N_A(T)L_{A1}(\tau) = \frac{C_A\eta\vartheta}{\lambda_A} F_{A1}(T)L_{A1}(\tau),$$

$$\begin{aligned} n_B(\tau) &= N_B(T)L_{B1}(\tau) + N_A(T)L_{B2}(\tau) = \\ &= \frac{C_A\eta\vartheta}{\lambda_B} F_{B1}(T)L_{B1}(\tau) + \frac{C_B\eta\vartheta}{\lambda_B} F_{B2}(T)L_{B1}(\tau) + \frac{C_A\eta\vartheta}{\lambda_A} F_{A1}(T)L_{B2}(\tau), \end{aligned}$$

или

$$n_B(\tau) = C_A \eta \vartheta \left[\frac{F_{B1}(T) L_{B1}(\tau)}{\lambda_B} + \frac{F_{A1}(T) L_{B2}(\tau)}{\lambda_A} \right] + C_B \eta \vartheta \frac{F_{B2}(T) L_{B1}(\tau)}{\lambda_B},$$

$$n_C(\tau) = N_C(T) L_{C1}(\tau) + N_B(T) L_{C2}(\tau) + N_A(T) L_{C3}(\tau) =$$

$$= \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C1}(T) L_{C1}(\tau) + \frac{C_B \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C2}(T) L_{C1}(\tau) + \frac{C_C \eta \vartheta}{\lambda_C} F_{C3}(T) L_{C1}(\tau) +$$

$$+ \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_{\mathbf{B}}} F_{B1}(T) L_{C2}(\tau) + \frac{C_B \eta \vartheta}{\lambda_B} F_{B2}(T) L_{C2}(\tau) + \frac{C_A \eta \vartheta}{\lambda_A} F_{A1}(T) L_{C3}(\tau),$$

или

$$n_C(\tau) = C_A \eta \vartheta \left[\frac{F_{A1}(T) L_{C3}(\tau)}{\lambda_A} + \frac{F_{B1}(T) L_{C2}(\tau)}{\lambda_B} + \frac{F_{C1}(T) L_{C1}(\tau)}{\lambda_C} \right] +$$

$$+ C_B \eta \vartheta \left[\frac{F_{B2}(T) L_{C2}(\tau)}{\lambda_B} + \frac{F_{C2}(T) L_{C1}(\tau)}{\lambda_C} \right] + C_C \eta \vartheta \frac{F_{C3}(T) L_{C1}(\tau)}{\lambda_C}.$$

Скорость счета альфа-частиц от фильтра в любой момент времени τ определяется активностью альфа-излучающих радионуклидов ^{218}Po и ^{214}Po:

$$m(\tau) = \varepsilon \lambda_A n_A(\tau) + \varepsilon \lambda_C n_C(\tau), \qquad (8)$$

где ε - эффективность регистрации (светосила) измерительной установки.

Тогда:

$$m(\tau) = C_A \eta \varepsilon \vartheta \left\{ \begin{array}{l} F_{A1}(T) L_{A1}(\tau) + \\ + \lambda_C \left[\dfrac{F_{A1}(T) L_{C3}(\tau)}{\lambda_A} + \dfrac{F_{B1}(T) L_{C2}(\tau)}{\lambda_B} + \dfrac{F_{C1}(T) L_{C1}(\tau)}{\lambda_C} \right] \end{array} \right\} +$$

$$+ C_B \eta \varepsilon \vartheta \lambda_C \left[\frac{F_{B2}(T) L_{C2}(\tau)}{\lambda_B} + \frac{F_{C2}(T) L_{C1}(\tau)}{\lambda_C} \right] + C_C \eta \varepsilon \vartheta \cdot F_{C3}(T) L_{C1}(\tau).$$

Введем обозначения:

$$G_1(\tau) = \eta \varepsilon \vartheta \left\{ \begin{array}{l} F_{A1}(T) L_{A1}(\tau) + \\ + \lambda_C \left[\dfrac{F_{A1}(T) L_{C3}(\tau)}{\lambda_A} + \dfrac{F_{B1}(T) L_{C2}(\tau)}{\lambda_B} + \dfrac{F_{C1}(T) L_{C1}(\tau)}{\lambda_C} \right] \end{array} \right\},$$

$$G_2(\tau) = \eta \varepsilon \vartheta \left[\frac{F_{B2}(T) L_{C2}(\tau)}{\lambda_B} + \frac{F_{C2}(T) L_{C1}(\tau)}{\lambda_C} \right],$$

$$G_3(\tau) = \eta\varepsilon\vartheta F_{C3}(T) L_{C1}(\tau) .$$

Таким образом получили выражение для ожидаемой скорости счета альфа-частиц от фильтра, выраженной через искомые значения концентрация ДПР в воздухе:

$$m(\tau) = C_A G_1(\tau) + C_B G_2(\tau) + C_C G_3(\tau) . \quad (9)$$

Основной задачей обработки результатов измерения активности фильтра является получение информации об объемных активностях ДПР в воздухе в момент отбора пробы – C_A, C_B и C_C.

С этой целью результаты измерений аппроксимировались функцией $m(\tau_i)$, вида (8), по методу наименьших квадратов (МНК):

$$\mathrm{Y} = \sum \left[m(\tau_i) - m_i \right]^2 = \min . \quad (10)$$

Условие (9) выполняется при:

$$\frac{\delta \mathrm{Y}}{\delta C_A} = 0; \ \frac{\delta \mathrm{Y}}{\delta C_B} = 0; \ \frac{\delta \mathrm{Y}}{\delta C_C} = 0. \quad (11)$$

Подставляя в (10) значения $\mathrm{Y}(m(\tau_i), m_i)$ из уравнения (8) получаем систему из трех уравнений относительно неизвестных C_A, C_B и C_C:

$$\begin{cases} C_A \sum G_1^2(\tau_i) + C_B \sum G_1(\tau_i) \cdot G_2 \tau_i + C_C \sum G_1(\tau_i) G_3(\tau_i) - \sum m_i G_1(\tau_i) = 0 \\ C_A \sum G_1(\tau_i) G_2(\tau_i) + C_B \sum G_2^2(\tau_i) + C_C \sum G_2(\tau_i) G_3(\tau_i) - \sum m_i G_2(\tau_i) = 0 \\ C_A \sum G_1(\tau_i) G_3(\tau_i) + C_B \sum G_2(\tau_i) G_3(\tau_i) + C_C \sum G_3^2(\tau_i) - \sum m_i G_3(\tau_i) = 0 \end{cases}$$

Решая данную систему любым численным методом можно определить исходные значения объемной активности дочерних продуктов распада радона в воздухе в момент прокачки через фильтр.

3. Программная реализация модели

Для практической реализации описанного метода МНК и проверки модели была разработана компьютерная программа. Методика измерения описана в [2]. Данная система в программе решалась численно методом Гаусса. Программа позволяет загружать экспериментальные данные с значениями скорости счета альфа-частиц от фильтра в зависимости от времени, рассчитывать значения C_A, C_B и C_C, решая систему, и проводить визуализацию исходных

экспериментальных и рассчитанных теоретических значений скорости счета альфа-частиц.

Анализ результатов обработки экспериментальных данных показал, что погрешность определения ЭРОА предложенным методом не превышает 30% (при измерении низких концентраций радона) и может быть 10-20% при проведении стандартных измерений. При равновесной концентрации ДПР радона в воздухе результаты, рассчитанные по модели, совпадают со значениями ЭРОА, полученными по стандартной методике [1] и имеют меньшую погрешность. Экспериментально подтверждена возможность применения усовершенствованной методики при неравновесных концентрациях ДПР радона в воздухе, когда ранее использовавшиеся методы не применимы или дают погрешность более 60%.

В модель можно добавить скорость счета для бета-частиц. При этом увеличится скорость счета и уменьшиться статистический разброс экспериментальных точек. Это позволит уменьшить порог чувствительности измерительной установки (минимально детектируемой активности), что существенно расширит диапазон измеряемых активностей не внося изменения в технические характеристики измерительной установки (объем прокачиваемого воздуха, увеличения размера фильтра и размера детектора).

Заключение

Разработана математическая модель, описывающую процесс осаждения ДПР радона из воздуха на фильтр при прокачке и последующем измерении его активности. В итоге получено выражение для ожидаемой скорости счета альфа-частиц от фильтра. С использованием модели усовершенствована методика определения объемной активности дочерних продуктов распада радона в воздухе.

Список литературы

2. Сердюкова, А. С. Изотопы радона и продукты их распада в природе / А. С. Сердюкова, Ю. Т. Капитанов. – М.: Атомиздат, 1975. – 295 с.

3. Бабенко, А.Г. Методика определения содержания радона в воздухе помещений: В сборнике: Эксплуатация и контроль активной зоны реактора, Научно-практическая конференция, сборник материалов / А.Г. Бабенко, В.М. Вахтель, В.А. Работкин – Воронеж: 2014. С. 111-114.

Методология развития и применения процессного подхода к созданию интегрированных систем управления

С. В. Козлов email: sv_kozlov@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. *Рассматриваются основные тенденции изменения парадигмы исследования систем управления в рамках высокотехнологичных организационных систем, включая подсистемы управления роботизированными комплексами, определяющие необходимость уточнения подходов к созданию интегрированных систем управления. Традиционно применяемые методы функциональной интеграции при увеличении количества функциональных подсистем не обеспечивают возможность создания «бесшовной» интегрированной системы с обеспечением их интероперабельности. Обосновываются предложения по применению процессных методов для решения такой проблемы, по расширению сферы применения процессного подхода, уточнению основных его положений и позиционирования в системе разработки высокотехнологичных систем управления.*

Ключевые слова: *Методология, процессный подход, полная группа процессов, жизненный цикл, интегрированная система управления, интероперабельность процессов.*

Введение

Интенсивное развитие инфокоммуникационных и когнитивных технологий шестого технологического уклада мировой экономики и поиск эффективных методов управления организационными системами различной принадлежности и масштаба привели к появлению новых управленческих парадигм. С одной стороны, новые технологии открывают широкие возможности по реализации управленческих функций и повышению оперативности управления. В то же время, с другой стороны, они, составляя технологическую основу средств управления различного назначения, расширяют и горизонты угроз, что становится сдерживающим фактором в развитии систем управления в части обеспечения информационной безопасности и защиты информационных технологий, препятствует, в конечном счете, обеспечению безопасности управления и, как следствие – к снижению эффективности управленческой деятельности.

© Козлов С.В., 2020

В последние 2-3 года в России приняты важные решения по переходу нашей страны к стратегии инновационного развития на основе новых технологий. Ядром этой стратегии является существенно более широкое, чем это было ранее, практическое применение средств и методов информатики, а также современных и перспективных инфокоммуникационных технологий (ИКТ) [1-4]. В условиях шестого технологического уклада на качественно новом уровне представляется такое направление развития систем управления, как создание интегрированных многофункциональных систем управления (ИСУ) с возможностью поэтапного расширения их функциональных возможностей по мере появления новых технологий. При этом создание цифровых платформ на основе комплексного применения ИКТ представляет собой сложную задачу на стыке целого ряда процессов организационного, системотехнического и технологического характера. В перечне функциональных систем, претендующих на комплексное применение в составе ИСУ, в настоящее время рассматриваются роботизированные системы и комплексы. При этом актуальным и востребованным в будущем становится обеспечение функционирования ИСУ с элементами искусственного интеллекта при взаимодействии с подсистемами управления роботизированными комплексами.

1. Основные направления расширения сферы применения методов процессного подхода к сопровождению жизненного цикла систем управления

В настоящее время в практике создания и развития организационных систем управления различного назначения на основе применения перспективных ИКТ широко применяются основные положения процессного подхода (ПП). Однако, при этом перечень процессов, регламентированных на документальном уровне, ограничивается бизнес-процессами в сфере сугубо административной деятельности, относящейся к организациям и предприятиям промышленности как исполнителям государственного или муниципального заказа. Анализ ретроспективы процессного подхода показывает, что в своем развитии он прошел путь от общей теории администрирования А. Файоля в начале XX века до закрепления на уровне международных стандартов серии ISO 9000:2000, как показано на рис. 1, и в настоящее время широко применяется в системе менеджмента качества в производственной сфере в целях оптимизации и регламентирования бизнес-процессов. Анализ развития взглядов зарубежных и отечественных специалистов на роль и условия применения ПП свидетельствует о том, что основная его идея состоит в обосновании необходимости выявления и рационального

преобразования структуры горизонтальных связей на уровне административных процессов в производственной сфере. В то же время, в области системотехники при создании и развитии систем управления на основе инфокоммуникационных и других технологий в рамках системного подхода широко применяются методы функционального (ФП), директивного, ситуационного и других подходов [5].

Рис. 1. Ретроспектива процессного подхода к развитию управленческой деятельности.

Комплексное развитие методов современного менеджмента свидетельствует о том, что в переходный период развития мировой экономики в значительной мере меняются условия их применения. Как отмечено в [6], применение системного подхода к тематике сложных систем связано с такими ограничениями системности, как недостаточная определенность предметной области, противоречивость целевого предназначения разрабатываемых систем и комплексов и условий их применения, целостность при определении их состава.

Таким образом, задача комплексного развития функциональных и процессных методов в створе системного подхода и определение сферы применения процессных методов приобретает новые аспекты актуальности, связанные с разработкой методических рекомендаций по

определению структуры сквозного процесса в жизненном цикле (ЖЦ) ИСУ и по анализу направлений взаимодействия его компонентов.

Руководствуясь основными положениями ПП с учетом ретроспективы его развития, с одной стороны, потребностей в изучении и развитии процессной основы создания и применения перспективных технологий при создании ИСУ, с другой стороны, целесообразно расширить его применение по следующим направлениям:

1В рамках развития системы менеджмента качества продукции применительно ко всему ее ЖЦ с учетом деятельности всех субъектов заказа по ее созданию. При этом в структуре бизнес-процессов целесообразно учитывать также и ту их часть, реализация которой зависит от деятельности государственного заказчика.

2Расширение сферы применения методов ПП за пределами бизнес-процессов на протяжении всего ЖЦ продукции. Важной предпосылкой к расширению области применения ПП в сфере заказа является необходимость повышения ответственности всех субъектов, участвующих в его планировании и выполнении, на протяжении всех этапов ЖЦ. При этом в отличие от ФП, целью которого является ответ на вопрос «что надо сделать?», ПП направлен на комплексное обоснование и реализацию мер по тому, «как надо сделать?».

По первому направлению развития ПП в настоящее время может использоваться существующий научно-методический аппарат описания, анализа и разработки бизнес-процессов с учетом всех субъектов, участвующих в их реализации. По второму направлению до настоящего времени не проводилась системная проработка ЖЦ в части комплексного анализа процессов, обоснования их полной группы и взаимоувязанного развития процессов на его протяжении. Анализ направлений развития научно-методической основы современного менеджмента свидетельствует об усилении тенденций к исчерпанию возможностей ПП. Наиболее вероятной причиной такого положения может стать ограниченность применения его методов сугубо к сфере бизнес-процессов. При этом важно отметить, что полная группа процессов в ЖЦ продукции как объект исследований в настоящее время не рассматривается, либо она ограничивается организационными процессами, да и только в производственной сфере, исключая сферу ответственности заказчика. В этой связи получает широкое распространение проектное управление, а в ряде ситуаций оно рассматривается в качестве альтернативы ПП. Необходимо отметить, что широкое применение методов ПП применительно к теории и

практике бизнес-процессов в рамках развития системы менеджмента качества продукции на предприятиях в России в системном виде представлено в [7] и в целом ряде международных стандартов, например, ИСО 9000:2005, ИСО 9000:2008, ИСО 9004:2009, ISO/TC 176/SC 2/N 544R3. При этом основным объектом, в рамках которого применяется ПП, как правило, является производственная сфера.

2. Анализ основных направлений развития методологии разработки систем управления различного назначения

Методология разработки ИСУ различного назначения в настоящее время базируется на широкое применение принципов системного подхода, регламентируется нормативными документами, разработанными за последние 20-25 лет, и формируемыми в настоящее время на основе гармонизации с международными стандартами и рекомендациями, учитывает расширение области применения технологий нового уклада развития мировой экономики. При всем многообразии проблем создания систем управления в развитии методологии их разработки целесообразно выделить организационные, нормативно-методические и технологические аспекты.

В организационном плане традиционно при разработке замысла создания системы управления приоритетная роль отводится обоснованию условий реализации ее предназначения за счет максимального использования существующего задела по реализации организационных форм управления объектами в сфере ответственности данной системы управления. При этом целеполагание осуществляется с учетом результатов прогнозирования развития угроз и появления новых опасностей в этой сфере, оценки условий преодоления их негативного влияния с учетом доступности и достаточности необходимых ресурсов. Так например, в настоящее время типовая схема принятия решений о развитии систем управления различного назначения может быть представлена в виде последовательности: «на основе анализа направлений реализации целей и задач перспективной системы управления с учетом анализа угроз в инфокоммуникационной сфере разрабатывается стратегия ее создания и развития, с учетом которой осуществляется разработка структуры системы управления (как взаимоувязанной совокупности органов, пунктов и средств управления) и порядка реализации ее функций», как показано на рис. 2.

Такая последовательность действий разработчиков ИСУ ограничивает их возможности по обоснованию рационального комплекса организационных, системотехнических и технологических решений по ее созданию и развитию, поскольку не учитывает

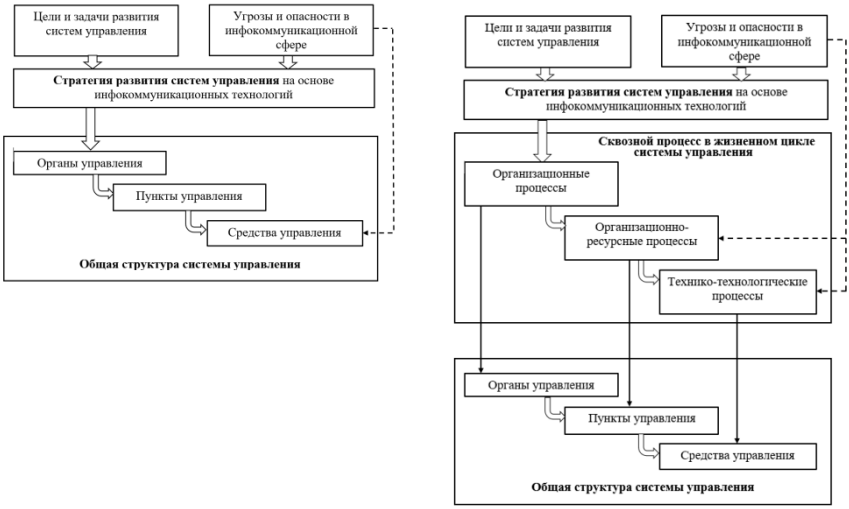
особенностей механизма воздействия разнородных факторов на условия реализации управленческих функций.

При этом также не в полной мере учитываются должным образом следующие основные особенности:

1проявление комплексного характера внешних и внутренних угроз, расширение горизонтов новых угроз по мере развития организационных форм управления;

2расширение возможностей ИСУ для парирования существующих и прогнозируемых угроз;

3создание ИСУ с реализацией возможности их адаптации к внешним и внутренним факторам, определяемым угрозами, переход к реализации новых организационных форм управления объектами от создаваемых на основе традиционных платформо-центрических решений к перспективным сете-центрическим с применением инфокоммуникационных и когнитивных технологий и робототехники;



а б

а – функциональный подход, б – процессный подход

Рис. 2. Эволюция схемы принятия решений о развитии ИСУ

4- появление новых организационных форм управления объектами с применением подсистем управления роботизированными комплексами.

Проведенные исследования и разработанные предложения по расширению сферы применения методов процессного подхода [4, 8] позволяют утверждать о стратегической роли процессов в жизненном цикле системы управления и, тем самым, можно определить их место в типовой схеме принятия решений о развитии систем управления различного назначения (см. рис. 2). О необходимости введения еще одного контура в рамках типовой схемы свидетельствует утверждение Г. Остерлоха (специалиста в области менеджмента качества) о стратегической роли процессов, что при обосновании организационных, системотехнических и технологических решений по созданию системы управления «необходимо обеспечить подчинение структуры процессам, а процессов стратегии» означает, что сначала надо выстроить стратегию, т.е. сформировать видение будущего системы и определить его стратегические цели, затем выстроить бизнес-процессы таким образом, чтобы каждый из них был ориентирован на достижение конкретной цели, и после этого формировать организационную структуру, которая бы обеспечивала эффективное исполнение бизнес-процессов» [9].

Несмотря на то, что его утверждение относится сугубо к области организационных процессов, разработанные предложения по расширению сферы применения процессных методов за пределы бизнес-процессов сохраняют справедливость такого положения.

Применительно к общему описанию сквозного процесса в ЖЦ системы управления необходимо расширить классификацию процессов в его рамках с учетом их роли и стадий ЖЦ. Сквозной процесс в ЖЦ системы управления декомпозируется с выделением таких групп процессов, как целевые процессы, способствующие достижению ее предназначения, и противодействующие этому процессы, при этом обе группы процессов в свой состав включают основные и обеспечивающие процессы. Таким образом, многообразие структуры процессов в ЖЦ системы управления определяет необходимость всестороннего анализа направлений взаимного влияния на уровне ее элементов.

В настоящее время в развития ИСУ на основе информатизации органов управления и автоматизации деятельности должностных лиц и специалистов в их составе отмечается объективная потребность по расширению номенклатуры и количества различного рода ресурсов, необходимых для своевременного сбора и качественной обработки больших объемов разнородной информации при подготовке принимаемых органами управления решений. В этой связи

целесообразно в рамках сквозного процесса в ЖЦ ИСУ в развитие организационно-технических процессов (см. рис. 2б) выделить группу организационно-ресурсных процессов, отражающих взаимодействие органов управления между собой с комплексным применением информационных, когнитивных, технических и других ресурсов. С учетом этого последовательность действий по схеме «стратегия создания и применения системы управления – сквозной процесс в ее ЖЦ – общая структура системы управления», а также иерархия категорий уточненного процессного подхода с учетом указанного принципа представлена на рис. 2б. При этом следует отметить расширение направлений взаимодействия по вертикали и горизонтали как на уровне элементов сквозного процесса, так и на уровне элементов ИСУ в комплексе определяет исходные данные для обоснования ее структуры. С учетом позиционирования процессов (см. рис. 2) перечень и общее содержание процессов представлены в таблице ниже.

Таблица

Классификация процессов в жизненном цикле ИСУ

Элементы ИСУ	**Виды процессов**	**Признак классификации процессов**
Органы управления	Организационные (административные или бизнес – процессы)	Взаимодействие органов управления, подразделений, должностных лиц, специалистов между собой без учета применения средств управления
Пункты управления	Организационно-технические процессы	Взаимодействие органов управления подразделений, должностных лиц, специалистов между собой с учетом применения средств управления
	Организационно-информационные процессы	Взаимодействие органов управления подразделений, должностных лиц, специалистов между собой с учетом применения средств управления информационными ресурсами

Окончание таблицы

Элементы ИСУ	**Виды процессов**	**Признак классификации процессов**
	Организационно-когнитивные процессы	Взаимодействие органов управления подразделений, должностных лиц, специалистов между собой с учетом применения средств управления ресурсами знаний
Средства управления	Технико-технологические процессы	Взаимодействие средств управления между собой без участия человека-оператора

Применительно к стадиям жизненного цикла ИСУ полная группа целевых процессов представлена на рис. 3. Переход к представлению ЖЦ ИСУ на уровне совокупности разнородных процессов определяет необходимость их анализа для выявления на качественно новой основе уязвимостей и своевременного принятия мер по их устранению.

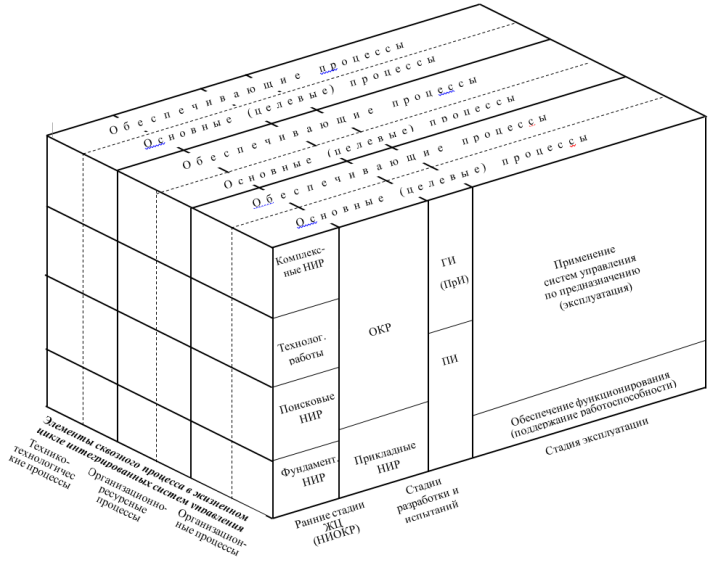


Рис. 3. Иллюстрация полной группы процессов в жизненном цикле ИСУ

Такой подход к представлению структуры процессов может применяться и к анализу противодействующих процессов. Взаимодействие процессов описывается на основе представленного в [8] и адаптированного к процессной основе ИСУ формализованного представления связи «фактор, воздействующий на ИСУ, запускает в рамках ее элементов процессы, которые приводят к изменению их свойств, которые, в свою очередь, становятся причиной изменения целевого процесса в ЖЦ ИСУ, приводящей к ее деградации» (см. рис. 4).

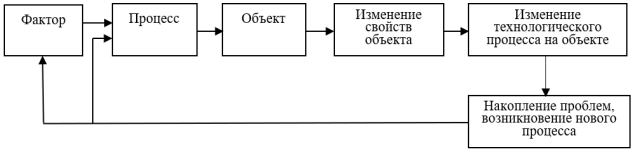


Рис. 4. Схема взаимосвязи факторов, процессов и свойств объектов

Такая схема носит универсальный характер и может применяться в интересах анализа уязвимостей как для целевых, так и для противодействующих процессов.

Заключение

Основные положения методологии развития ИСУ на основе уточнения сферы применения методов процессного подхода позволяют расширить перечень анализируемых стыков ее компонентов, во многом определяющих условия обеспечения интероперабельности в ее составе. При этом расширение целеполагания при обосновании структуры создаваемой ИСУ за счет анализа и синтеза сетевой структуры процессов, вытекающих из заданной стратегии и определяющих структуру ИСУ, предполагает решение проблемы интероперабельности как на техническом, так и на процессном уровне.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 18-29-03061

Список литературы

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации // Указ Президента РФ № 642 от 01.12.2016 г.

2. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 г.г. // Указ Президента РФ №203 от 09.05.2017 г.

3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. Распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 №1632-р).

4. Информационное пространство цифровой экономики России. Концептуальные основы и проблемы формирования : А. А. Зацаринный [и др.]. – М.: ФИЦ ИУ РАН. Изд-во ООО "НИПКЦ Восход-А", 2018. – 236 с.

5. Козлов, С. В. Об эволюции методов процессного подхода к развитию автоматизированных информационно-управляющих систем / С. В. Козлов, А. Н. Кубанков. // Качество. Инновации. Образование. – 2018. – № 5 (156). – С. 103-110.

6. Пригожин, А. И. Методы развития организаций / А. И. Пригожин. – М. : МЦФЭР, 2003. – 864 с.

7. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.

8. Козлов, С. В. Научно-методические проблемы интеграции и синхронизации функциональных процессов в жизненном цикле систем управления / С. В. Козлов, А. Н. Кубанков // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. – 2019. –Т. 10. – № 3. – С. 52-57.

9. Григорьев, Л. Ю. Процессное управление в России: быть или не быть? / Л. Ю. Григорьев [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.executive.ru/management/practices/340394-protsessnoe-upravlenie-v-rossii-byt-ili-ne-byt

Математическое моделирование в процессе принятия решения на построение системы радиотехнического обеспечения полетов авиационного формирования

В. И. Колодин, email: kolodin.85@mail.ru 1
Р. А. Баранов, email: rombank20@bk.ru 1
Ш. Т. Хасанов, email: shthan@mail.ru 1

1 ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. *В данный статье рассмотрены подходы к применению математического моделирования в процессе построения системы радиотехнического обеспечения полетов. Основанная на достижении максимальной надежности радиотехнических средств без снижения показателей остальных требований к системе радиотехнического обеспечения полетов авиационного формирования.*

Ключевые слова: *Принятие решения, радиотехническое обеспечение, авиационное формирование, надежность радиотехнических систем.*

Введение

В настоящее время авиационные формирования ведут высокоманевренные боевые действия, требующие частой смены районов базирования или создания авиационной группировки на новых необорудованных театрах боевых действий. Выполнение полетов авиационным формированием требует комплекса обеспечивающих мероприятий, а при перебазировании на новый аэродром необходимо создание систем, позволяющих их производить. Одной из таких систем является радиотехническое обеспечение (РТО) полетов авиационных формирований.

1. Математическое моделирование в процессе принятия решения на обеспечение полетов авиационного формирования

Высокая стоимость, трудности и специфика выполняемых задач авиационными формированиями при ведении высокоманевренных действий, а также возросшие информационные потребности управления экипажами воздушных судов (ВС) диктуют необходимость уделять большое внимание вопросам, эффективности всестороннего и безопасного обеспечения полетов ВС, одним из важных элементов которого является РТО. Современные аэродромы оборудованы всем

© Колодин В. И., Баранов Р. А., Хасанов Ш. Т., 2020

спектром существующих средств РТО и создание системы, позволяющей максимально использовать их возможности, играет немаловажную роль.

Совокупность средств РТО полетов, развернутых на аэродромах, вертодромах, посадочных площадках, авиационных полигонах, радионавигационных пунктах, составляет систему РТО полетов, которая решает задачи:

- обеспечение взлета, полета по маршруту, построения предпосадочного маневра и посадки ВС в простых и сложных метеорологических условиях, днем и ночью;
- обеспечение экипажа информацией о местоположении ВС в воздушном пространстве;
- обеспечение группы руководства полетами (ГРП) информацией о воздушной обстановке в районе аэродрома и дополнительной полетной информацией (индекс, остаток топлива, высота полета ВС);
- индивидуальное опознавание ВС;
- обеспечение вывода ВС в заданную точку маршрута и возврата на аэродром;
- - обеспечение управления движением (контроля за движением) ВС и спецавтотранспорта по летному полю аэродрома;
- маркирование участков на местности;
- обеспечение приема сигналов от ВС, терпящих бедствие, определение их местоположения и передача информации о них ГРП.

2. Модель системы радиотехнического обеспечения полетов авиационного формирования используемая для выбора варианта построения

Расчет эффективности РТО боевых действий производится путем определения численных значений показателей совокупности частных, общих и обобщенного критериев. На основании полученных значений показателей частных критериев, рассчитанных для каждого средства РТО, производится расчет вероятности формирования *i*-ого поля требуемых параметров группой средств РТО, входящих в подсистемы, формирующие радиолокационные поля (РЛП) и радионавигационные поля (РНП) для стационарного, мобильного и аэромобильного комплекта средств, далее рассчитываются значения показателей общих и обобщенного критерия эффективности.

Основными факторами, оказывающими влияние на устойчивость выполнения задач по предназначению средством РТО, следующими из

анализа мероприятий боевой подготовки авиационных формирований, являются живучесть, помехоустойчивость и надежность [1]. При этом, каждое средство, входящее в ту или иную подсистему РТО, используется в большинстве случаев самостоятельно, выполняя определенные, присущие только ему функции, хотя и дублирующие по некоторым параметрам другое. Учитывая это, математическое выражение для расчета вероятности выполнения средством РТО задач по предназначению может быть представлено в следующем виде:

$$P_{у} = K_{м} P_{вкл} \left[P_{рс} P_{бр} P_{нп} + P_{нп} (1 - P_{рс} P_{бр}) P_{взо} + (1 - P_{нп}) P_{вов} \right] \qquad (1)$$

где $K_{м}$ – коэффициент, учитывающий мобильность средств РТО,

$P_{вкл}$ – вероятность своевременного включения средств РТО,

$P_{рс}$ – вероятность нахождения средств РТО в работоспособном состоянии в любой момент времени,

$P_{бр}$ – вероятность безотказной работы средств РТО за время обеспечения боевых действий,

$P_{нп}$ – вероятность не поражения средств РТО противником,

$P_{взо}$ $P_{вов}$ – вероятности своевременного восстановления средств РТО после эксплуатационных отказов и огневого воздействия противника.

Коэффициент мобильности $K_{м}$ позволяет учесть способность средств РТО осуществить свертывание, перемещение и развертывание в новом районе.

Для определения значений показателей, входящих в формулу (1), целесообразно составить динамическую модель функционирования средств РТО в ходе обеспечения авиационного формирования.

Средства РТО в ходе обеспечения боевых действий могут находиться в различных состояниях: работа, перемещение, развертывание, отказ, выход из строя и т.д. Количество этих состояний достаточно велико. При этом состояние всей системы РТО авиационного формирования будет определяться их совокупностью и динамикой изменения.

Недостающая в формуле (1) вероятность безотказной работы средств РТО $P_{бр}$ может быть определена, при условии экспоненциального распределения времени наработки между отказами $T_{о}$, по методике, разработанной в теории надежности технических устройств [2].

Вероятность готовности средств РТО к применению по назначению, кроме того, зависит от своевременного восстановления их работоспособности $P_в$ Вероятность восстановления зависит от степени приспособленности средств к восстановлению, квалификации обслуживающего персонала и наличия ЗИП. Учесть квалификацию обслуживающего персонала возможно, введя коэффициент профессиональной подготовки $K_п$, рассчитываемый по методике [2], и коэффициент готовности личного состава $K_{глс}$, определяемый из соотношения:

$$K_{глс} = 1 - T_{от} / T_s \qquad (2)$$

где $T_{от}$ – время неспособности личного состава («отказа») по каким-либо причинам исполнять служебные обязанности,

T_s – суммарное время выполнения работ.

Зная значение времени восстановления $T_в$ из опыта боевой подготовки подразделений связи и РТО и рассчитав коэффициенты $K_п$ и $K_{глс}$, можно определить вероятность своевременного восстановления средств за время, не превышающее требуемое $P_{взо}$, при эксплуатационных отказах по формуле [2]:

$$P_{взо} = K_{глс}\left[1 - exp\left\{-K_п\left(T_{втр} / T_в - 1\right)\right\}\right] \qquad (3)$$

Данное выражение справедливо для условия $T_{втр} \geq T_в$, в противном случае $P_в = 0$.

Восстановление средств РТО после огневого воздействия противника зависит от степени их повреждения. При слабой степени повреждения для вычисления вероятности восстановления $P_в$ может не учитываться и рассчитываться по стандартной методике (3), поскольку в решении этой задачи будут задействованы те же силы и средства. При получении других степеней повреждения восстановление средств РТО нецелесообразно, ввиду превышения времени восстановления над требуемым для достижения своевременности обеспечения боевых действий авиационного формирования. При этом, учитывая, что восстановление средств РТО и их восполнение из запасов составят полную группу событий, вероятность $P_в$ может быть найдена из соотношения:

$$P_{вов} = 1 - (1 - P_{восст})(1 - P_{восп}) \qquad (4)$$

где $P_{восст}$ – вероятность восстановления средств РТО за время, не превышающее требуемое,

$P_{восп}$ – вероятность восполнения средств РТО за время, не превышающее требуемое.

Переходы отдельных средств из состояния в состояние происходят в случайные моменты времени, которые связаны с различными причинами: воздействием помех и средств огневого поражения противника, перемещением и развертыванием, отказами и восстановлением. Принимая во внимание то, что количество состояний конечно, а поток переходов средств РТО из состояния в состояние можно представить как простейший, пуассоновский, то для описания функционирования системы РТО можно воспользоваться теорией Марковских случайных процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем.

Заключение

Таким образом, создание модели радиотехнического обеспечения полетов авиационного формирования позволяют на ее основе создать систему поддержки принятия решения должностными лицам. Это не только повышает эффективность использования средств РТО и повышения уровня безопасности полетов, но снижает время цикла управления, что ведет к захвату инициативы и успеху в боевых действия.

Список литературы

1. Блакитный, А. И. Оценка эффективности систем связи и РТО : учебник для вызов / А. И. Блакитный, А. В. Пушкарев, Е. А. Трошина – Монино: ВВА, 2008. – 228 с.

2. Блакитный, А. И. Методика по моделированию систем связи и радиотехнического обеспечения ВВС на ЭВМ. Выпуск V (165) / А. И. Блакитный, А. С. Бронивицкий, В. И. Мельников. – М.: ВВА, 2009. – 128 с.

3. Гусев, П. В. Разработка системы радиотехнического обеспечения боевых действий истребительной авиационной дивизии при комплексной автоматизации управления. Дисс. канд. воен. наук. – Монино: ВВА, 2009. – 160 с.

Способ оптимизации структуры детерминированной сетевой модели при моделировании процесса управления потоками ресурсов

О. А. Коновалов, email: oleg-070707@yandex.ru [1]
В. Н. Забавников, email: zab_vn@rambler.ru [1]
П. Е. Блажков, email: Blajkov_pe_@yandex.ru [1]

[1] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы оптимизации структур сетевых моделей. Рассмотренный в статье способ оптимизации позволяет решить задачу управления потоками ресурсов путем их перераспределения.*

Ключевые слова: *Оптимизация, сетевая модель, ресурсы, управление.*

Введение

Вопросы оптимизации структур детерминированных сетевых моделей (СМ) с постановкой задачи рассматривались ранее в [1]. При этом одним из актуальных вопросов теории управления проектами остается разработка эффективных методов и алгоритмов решения задач распределения ограниченных ресурсов на сетях.

1. Алгоритм оптимизации структуры детерминированной СМ

Рассмотренный в [1] модифицированный метод последовательных назначений позволяет получить оптимальное решение задачи перераспределения специалистов по зависимым операциям за счет использования их резервов в случае, если суммарная продолжительность выполнения операций задается в виде вогнутых и аддитивных функций. Тогда математическое построение СМ позволит выявить максимум целевой функции в области заданных ограничений и обеспечит получение ресурсного графа при последовательном назначении специалистов на операции целыми единицами [1].

Для оптимизации структуры детерминированной СМ предлагается следующий алгоритм.

3. Детализация операций на временные интервалы.

Планируемые продолжительности выполнения операций $t(ij)$, с которых и на которые перераспределяются ресурсы необходимо разбить на определенные и равные временные интервалы. Отметим, что чем на

© Коновалов О. А., Забавников В. Н., Блажков П. Е., 2020

большее число интервалов будет детализирована операция, тем выше степень точности получения оптимального решения.

4. Выбор шага дискретизации Δt времени выполнения операции.

Как показывает практика для получения оптимального плана достаточно задать точность получения плана распределения ресурсов порядка 0,1 – 0,01, т.е. необходимо разбивать плановую продолжительность выполнения операции на $\mu = 10...100$ частей соответственно, тем самым определив шаг дискретизации $\Delta\tau$ времени выполнения операции.

5. Определение частей объемов выполненных операций.

В каждый момент времени необходимо определить объемы выполненной некритической $l_{(ij)q}$-й и критической $l_{(ij)\kappa}$-й операции $\Delta C^{вып}_{(ij)q}$ и $\Delta C^{вып}_{(ij)\kappa}$ соответственно, а также оставшиеся объемы операций $\Delta C^{ост}_{(ij)q}$ и $\Delta C^{ост}_{(ij)\kappa}$.

Объем выполненной операции $\Delta C^{вып}_{(ij)}$ для каждого шага Δt до перераспределения рассчитывается по формуле:

$$\Delta C^{вып}_{(ij)q} = \Delta t_{(ij)q} \cdot \mu \cdot \sum_{h \in f_{(ij)q}} \lambda_{h(ij)q} \cdot x_{h(ij)q} , \qquad (17)$$

где $\lambda_{h(ij)q}$ – производительность специалиста в соответствии с его классной квалификацией h при выполнении (ij)-й операции;

$x_{h(ij)}$ – число специалистов с классной квалификацией h, назначенных на выполнение (ij)-й операции.

Оставшийся объем операции определяется из условия, что $C_{(ij)q} = 1$ по выражению

$$\Delta C^{ост}_{(ij)q} = 1 - \Delta C^{вып}_{(ij)q} , \qquad (18)$$

6. Определение новых параметров операций.

Требуется определить новые параметры операций множеств $Q^{(f)}$ и H соответственно:

$$\Delta t_{(ij)q} = \frac{\Delta C^{ост}_{(ij)q}}{\sum_{h \in f_{(ij)q}} \lambda_{h(ij)q} \cdot x^{*}_{h(ij)q}} , \text{ и } \Delta t_{(ij)\kappa} = \frac{\Delta C^{ост}_{(ij)\kappa}}{\sum_{h \in f_{(ij)\kappa}} \lambda_{h(ij)\kappa} \cdot x^{*}_{h(ij)\kappa}} ; \qquad (19)$$

$$\Delta t_{\Sigma(ij)q} = \Delta t_{m(ij)q} + \mu \cdot \Delta\tau_{(ij)q} \text{ и } \Delta t_{\Sigma(ij)\kappa} = \Delta t_{m(ij)\kappa} + \mu \cdot \Delta\tau_{(ij)\kappa} ; \qquad (20)$$

$$t_{(ij)\kappa}^{ум} = \min\left[t_{\Sigma(ij)\kappa}^{ум} - t_{m(ij)\kappa}; \frac{\Delta\tau_{m(ij)\kappa}}{\mu} \right] \text{ и}$$
$$t_{(ij)q}^{ув} = \min\left[t_{\Sigma(ij)q}^{ув} - t_{m(ij)q}; \frac{\Delta\tau_{m(ij)q}}{\mu} \right], \quad (21)$$

где $\Delta t_{(ij)q}$ и $\Delta t_{(ij)\kappa}$ – время выполнения некритической и критической операции соответственно;

$\Delta t_{\Sigma(ij)q}$ и $\Delta t_{\Sigma(ij)\kappa}$ – суммарная продолжительность некритической и критической операции соответственно;

$t_{(ij)q}^{ув}$ и $t_{(ij)\kappa}^{ум}$ – уменьшенное и увеличенное время некритической и критической операции соответственно.

7. Выбор критерия для получения оптимальной по структуре сетевой модели.

2. Выбор критерия оптимальности

Рассчитав параметры операций, необходимо выбрать критерий оптимальности перераспределения специалистов, в соответствии с которым требуется определить оптимальный вариант, обеспечивающий максимальное приращение целевой функции [1]. Для этого в каждый момент времени рассчитать сумму увеличенного и уменьшенного времени некритической и критической операции соответственно при снятии и назначении специалистов на операции:

$$\xi = t_{(ij)q}^{ув} + t_{(ij)\kappa}^{ум}, \quad (22)$$

Для получения оптимальной по структуре СМ необходимо, чтобы разница из полученной суммы ξ и полного резерва времени этой операции $R_{(ij)}^{полн}$ была равна нулю, $\xi - R_{(ij)}^{полн} = 0$. Если разница $\xi - R_{(ij)}^{полн} < 0$, то критический путь СМ изменится, если $\xi - R_{(ij)}^{полн} > 0$ – то нет.

В результате требуется рассмотреть все варианты перераспределения специалистов различных квалификаций с целью достижения максимума функции и выбрать оптимальный, определив при этом новые параметры СМ.

3. Пример решения задачи оптимизации структуры СМ

Рассмотрим далее пример решения задачи. Пусть задан простейший проект, представленный в виде фрагмента СМ, в соответствии с которым требуется, например, оборудовать персональными ЭВМ офисы организации. На реализацию проекта

выделено 8 специалистов 2-й и 3-й квалификации, $T^{дир} = 25$ мин. Исходные данные представлены на рис. 1 и в табл. 1. Требуется получить оптимальную структуру сети, продолжительность проекта и план распределения ресурсов.

На рис. 1 представлен фрагменты исходной детерминированной структуры СМ проекта по оборудованию офиса персональными ЭВМ. В рассматриваемом фрагменте сети критический путь $T^{кр} = 30$ мин., а $F_{\Sigma}^{*} = -(30-25) = -5$ мин. (т.е. продолжительность выполнения проекта необходимо сократить минимум на 5 мин.).

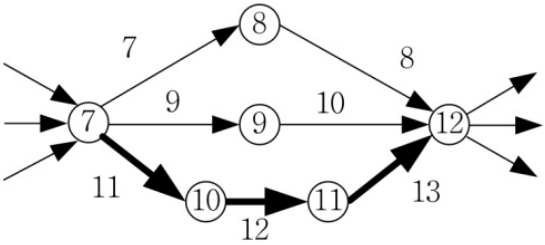


Рис. 1. Результат сегментации с оптимальными по критерию IMP порогами

Таблица 1

Исходный план распределения ресурсов

Параметры	Операции								
	…	7	8	9	10	11	12	13	…
$t_{(ij)}$	…	11	6	8	10	18	10	2	…
$x_{(ij)_3} / x_{(ij)_2}$	…	2/0	2/0	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	…
$\lambda_{(ij)_3} \cdot 10^{-3}$	…	4,5	8,3	4,2	3,4	1,9	3,4	16,9	…
$\lambda_{(ij)_2} \cdot 10^{-3}$	…	4,3	8,0	4,0	3,2	1,8	3,2	16,2	…
$R_{(ij)}^{полн}$	…	13	13	12	12	0	0	0	…

Рассчитав параметры событий и операций проекта, в соответствии с алгоритмом оптимального распределения ресурсов и алгоритмом оптимизации структуры детерминированной СМ, решение задачи сводится к перераспределению специалистов с учетом их уровня подготовки между операциями 9-7 и 11-11.1 соответственно за две итерации.

В табл. 2 приведен оптимальный (новый) план распределения ресурсов с учетом их квалификации.

Таблица 2

Оптимальный план распределения ресурсов

Параметры	Операции						
	7.1	7.2	9.1	9.2	11.1.1	11.1.2	11.2
$t_{(ij)}$	4	14	5	7,6	4	2,7	4,3
$x_{(ij)_3} / x_{(ij)_2}$	2/0	1/0	2/1	0/1	2/1	3/1	4/1
$\lambda_{(ij)_3} \cdot 10^{-3}$	12,5	7,1	6,8	13,7	8,5	9,4	4,7
$\lambda_{(ij)_2} \cdot 10^{-3}$	12,0	6,8	6,5	13,2	8,1	9,0	4,5
$R_{(ij)}^{полн}$	0	0	0	0	0	0	0

В табл. 3 приведены результаты решения задачи перераспределения ресурсов.

Таблица 3

Результаты решения задачи

№ итерации	Некритическая операция	Критическая операция	До перераспределения		После перераспределения	
			h=3	h=2	h=3	h=2
Итерация № 1	9	-	2	1	0	1
	-	11	2	1	4	1
Итерация № 2	7	-	2	0	1	0
	-	11.1	2	1	3	1

В результате решения задачи получим новые события и операции СМ 7.1 (9.1-9.2), 7.2 (11.1-11.2), 7.3 (7.1-7.2), 7.4 (11.1.1-11.1.2) соответственно.

На рис. 2 представлен фрагмент полученной оптимальной структуры СМ без критического пути и резервов операций.

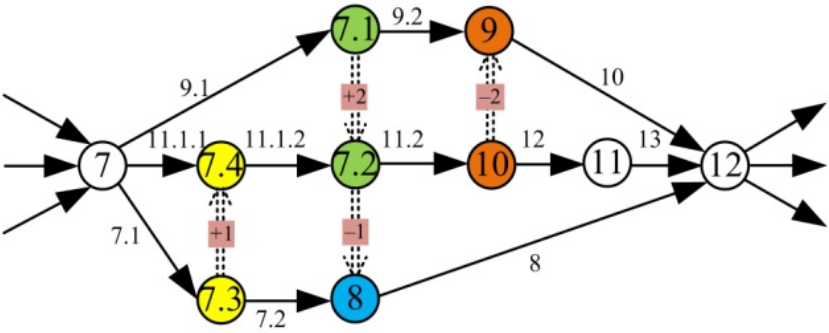


Рис. 2. Оптимальная структура сети

Анализ структур детерминированных СМ показал, что критический путь сократится на 7 мин., резервы времени сократятся с 50 до 0 мин., производительность специалистов увеличится в среднем в 3,3 раза, а трудоемкость операций уменьшится обратно пропорционально. При этом экономия трудозатрат составит 1 чел.·ч, а новая продолжительность выполнения проекта будет равна 23 мин.

Таким образом, повышение эффективности при использовании предложенного метода, может быть оценено по формуле:

$$Э = 1 - \frac{T_2}{T^{кр}} = 1 - \frac{23}{30} = 23,3\,\%, \qquad (23)$$

где T_2 – длительность любого пути в полученном фрагменте оптимальной структуры СМ (из рис. 2).

Заключение

Разработанный способ найдет широкое применение в сферах информационных технологий, строительстве, коммунальных услуг при планировании и управлении ресурсами; при организации развертывания оборудования, сервисном обслуживании, транспортировании и решения других задачах управления распределением ресурсов в сложных системах [2]. Полученные результаты направлены на совершенствование методов, моделей и алгоритмов, позволяющих реализовать в комплексе функции планирования, контроля и управления в процессе перераспределения потоков ресурсов различных видов в реальном времени.

Список литературы

1. Сербулов, Ю.С. Управление распределением и потенциалом трудовых ресурсов организации при оптимизации структур сетевых

моделей: монография / Ю.С. Сербулов, О.А. Коновалов, О.В. Курипта. Воронеж, 2014. – 191 с.

2. Коновалов, О.А. Метод оптимизации структуры детерминированной сетевой модели / О.А. Коновалов, Е.В. Коновальчук, К.А. Малыков, Ю.С. Сербулов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. Воронеж, 2012. №2. С. 111 – 116.

Способ решения задачи рационального распределения ресурсов для стохастических сетевых моделей

О.А. Коновалов e-mail: oleg-070707@yandex.ru 1,
С.Р. Каберов e-mail: sanek11.91@inbox.ru 1,
Д.П. Литвинов e-mail: Litvinov_dp@ yandex.ru 1

[1] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье представлена постановка задачи распределения ограниченных ресурсов как для детерминированной, так и для стохастической сетевой модели. Рассмотренный в статье подход позволяет в результате получить ресурсный граф переменной структуры за счет перераспределения ресурсов по работам проекта.*

Ключевые слова: *Распределение ресурсов, модель, сеть, работа*

Введение

На сегодняшний день эффективные универсальные и точные методы решения задач распределения потоков ресурсов на сетях не получены, как и общие алгоритмы поиска ограниченных ресурсов между работами, минимизирующих время завершения проекта [1].

1. Анализ методов распределения ресурсов

Анализ существующих методов распределения потоков ресурсов показывает, что оптимизация сетевых моделей (СМ) без календарной увязки сроков не в полной мере обеспечивает решение плановых задач оптимизации [2]. Существующие и применяющиеся на сегодняшний день программные продукты (Microsoft Project, Time Line, Spider Project, Open Plan, Primavera и др.) не в полной мере позволяют оптимизировать стохастические структуры сложных технических систем с учетом неопределенных факторов и факторов внешней среды.

Ограниченное применение эвристических алгоритмов рационального распределения потоков ресурсов для «невогнутых» функций интенсивности, как и агрегирование комплекса работ, обуславливается потерей управления уже при планировании, а точные методы получены только для ограниченного ряда частных задач небольшой размерности.

Использование методов комбинаторики [2] приводит к перебору огромного числа вариантов распределений ресурсов, и редко применяется для адаптивной корректировки планов в реальном

© Коновалов О. А., Каберов С. Р., Литвинов Д. П., 2020

времени, а использование эвристических приемов в результате приводит к потере управления уже на начальном этапе планирования.

Применение искусственных нейронных сетей для решения распределительных задач, находит также ограниченное применение вследствие большой вычислительной сложности решения нейрозадач и несоответствия явно параллельной архитектуры СМ последовательной вычислительной архитектуре ПЭВМ, которые применяются в большинстве случаев. Применение списочных (приоритетных) алгоритмов возможно только при наличии очередности рутинных задач и неэффективно в случае оперативного изменения плана в условиях неопределенности, обеспечивая при этом низкую адаптивность [2].

Алгоритмы имитации отжига, являются также малоэффективными для методов случайного поиска решения распределительных задач отрицательно сказываются на достоверности получаемых результатов, которым также как и ряду решений методов градиентного спуска, свойственно попадать в области локального минимума и застревать в них.

На сегодняшний день при моделировании процесса управления многопроектными разработками не принимается во внимание тот фактор, что СМ такой системы является по сути функцией распределения трудовых ресурсов. При этом основной задачей является как не только составление оперативного календарного плана при управлении распределением трудовых ресурсов во времени, но и возможность его контроля.

Таким образом, для решения задач управления распределением потоками трудовых ресурсов наиболее актуальна проблема разработки методик и алгоритмов, которые позволяют оптимизировать структуры стохастических сетей, минимизировать время и стоимость выполнения задач.

2. Постановка и способ решения задача распределения ресурсов для детерминированной СМ

Решение данной задачи обусловлено переменной структурой графа, определяемого распределением трудовых ресурсов при заданных технологических и организационных ограничениях ведения работ.

Рассмотрим следующие ограничения:

1. Каждая $l_{(ij)}$ -я работа выполняется одинаковой квалификации специалистами.
2. Выполнение $l_{(ij)}$ -й работы не прерывается до ее окончания.

3. Количество специалистов, приступивших к выполнению $l_{(ij)}$ -й работы, постоянно до ее окончания.
4. Переход специалистов с одной работы на другую не связан с временными затратами.

Рассмотрим проект, состоящий из комплекса работ, технологическая зависимость между которыми задается в виде СМ, для которой первоначальный план распределения ресурсов не задан.

Пусть на реализацию проекта выделено ограниченное количество ресурсов S различных типов h. Условимся, что событие j непосредственно следует за событием i, $(i, j) \in L$; L_h – множество работ проекта, выполняемых h-м типом специалистов; $f_{(ij)}$ – множество различных типов специалистов, которые назначаются на $l_{(ij)}$ -ю работу; $N_{h(ij)}$ и $N^*_{h(ij)}$ – минимально и максимально возможное число специалистов h-го типа соответственно, $h \in f_{(ij)}$; H и Q – множества работ на сетевом графе с каждой из которых будут сниматься и соответственно добавляться специалисты хотя бы одного h-го типа; $R^{полн}_{(ij)}$ – полный резерв времени $l_{(ij)}$ -й работы; $Z_{(ij)}$ – часть выполненной $l_{(ij)}$ -й работы; $x_{(ij)}$ – число специалистов, приступивших к выполнению $l_{(ij)}$ -й работы; $\lambda_{h(ij)}$ – производительность специалиста h-го типа; K_Σ – суммарный эмпирический коэффициент, $K_\Sigma \in [0;1]$; $T^{дир}$ – директивный срок проекта; $T^{кр}$ – критический путь графа; $t_{(ij)}$ – планируемая продолжительность выполнения работы.

Примем, что все исполнители проекта сгруппированы в g подразделений $N_w (1 \le w \le g)$ так, что в каждом подразделении N_w все исполнители одинаковой квалификации и каждая работа выполняется в одном подразделении. Примем, что каждая работа выполняется с переменной скоростью специалистами различного уровня подготовки, распределение которых по работам может быть многократным. Перераспределение ресурсов с одной работы на другую не связано с временными затратами, и работы можно прерывать до их окончания. Результатом решения задачи является ресурсный граф переменной структуры.

Для получения распределения специалистов различного уровня подготовки $x_{h(ij)}$ по работам СМ необходимо найти такое их целочисленное перераспределение, $x^*_{h,k(ij)}$, $k=1,2,...,M^*_{(ij)}$, $h \in f_{(ij)}$, ($M^*_{(ij)}$ – число частей $l_{(ij)}$-й работы) в результате которого будет обеспечиваться максимум целевой функции

$$F^*_{\Sigma} = -\left(D - T^{дир}\right),\ D - T^{дир} < 0, \qquad 1$$

где $D = \sum_{l_{(ij)} \in T^{кр}} \sum_{k=1}^{M^*_{(ij)}} \frac{1}{\sum_{h \in f_{(ij)}} \lambda_{h(ij)} \cdot x^*_{hk(ij)}} \cdot Z^*_{h(ij)} \cdot \left(1 + K_{\Sigma}\right),$

при технологических, организационных и ресурсных ограничениях:

$$t^{\min}_{(ij)} \le t_{(ij)} \le t^{\max}_{(ij)},\quad l_{(ij)} \in L, \qquad 2$$

$$N_{h(ij)} \le x^*_{i_1 h(ij)} \le N^*_{h(ij)},\quad h \in f_{(ij)},\quad l_{(ij)} \in L;, \qquad 3$$

$$\begin{cases} [x^*_{i_1(ij)}] = x^*_{i_1(ij)}, \\ h \in f_{(ij)},\quad i_1 = 1,2,...,M^*_{(ij)},\quad l_{(ij)} \in L; \end{cases}, \qquad 4$$

$$\begin{cases} t^{\min}_{(ij)} \le \sum_{i_1=1}^{M^*_{(ij)}} t^*_{i_1(ij)} \le t_{(ij)} + R^{полн}_{(ij)},\quad l_{(ij)} \in H; \\ t^{\min}_{(ij)} \le \sum_{i_1=1}^{M^*_{(ij)}} t^*_{i_1(ij)} \le t_{(ij)},\quad l_{(ij)} \in (Q/H); \end{cases}, \qquad 5$$

$$\sum_{(ij) \in H} x^{сн}_{h(ij)\rho} \cdot t^{сн}_{h(ij)\rho} = \sum_{(ij) \in Q} x^{наз}_{h(ij)\rho} \cdot t^{наз}_{h(ij)\rho},\quad h \in f_{(ij)},\quad l_{(ij)} \in L., \qquad 6$$

3. Постановка и способ решения задача распределения ресурсов для стохастической СМ

В рассмотренного выше подхода [7] к оптимизации структуры детерминированной СМ, предложенной, для стохастической СМ при назначении специалистов h-го типа (квалификации) на $l_{(ij)}$-ю работу в течении любой единицы времени ее выполнения суммарная прибыль от такого назначения будет определяется функцией:

$$f(t) = C_{(ij)} \cdot \left[1 - \left(1 - P_{h(ij)}\right) \cdot x_{h(ij)}\right], \quad (ij) \in L_h, \quad h = 1,2,....,S., \qquad 7$$

где $P_{h(ij)}$ – вероятность выполнения $l_{(ij)}$-й работы h-м типом специалистов в единицу времени;

$C_{(ij)}$ – весовой коэффициент $l_{(ij)}$-й работы.

Таким образом, требуется определить такую топологическую структуру СМ многопроектной разработки при заданной технологии и принятой последовательности ведения работ, параметры которой обеспечат максимум функции (8) в области ограничений (9)-(11):

$$F(T) = \sum_{h=1}^{S} \sum_{k=1}^{T} \sum_{(ij) \in Q_{kh}} C_{(ij)} \cdot \left[1 - \left(1 - P_{h(ij)}\right)^{x_{h(ij)}}\right]; \qquad 8$$

$$N_{h(ij)} \le x_{h(ij)} \le N^*_{h(ij)}, \quad h = 1,2,...,S, \quad l_{(ij)} \in L_h; \qquad 9$$

$$\left[x_{h(ij)}\right] = x_{h(ij)}, \quad l_{(ij)} \in L_h, \quad h = 1,2,...,S; \qquad 10$$

$$\sum_{(ij) \in Q_{kh}} x_{h(ij)} \le b_h, \quad h = 1,2,...,S. \qquad 11$$

где Q_{kh} – множество работ, выполняемых в k-ю единицу времени, $k = 1,2,...,T$.

Рассмотренный подход обусловлен переменной структурой сети для случая, когда производительность каждого специалиста является случайной величиной, зависящей от его уровня подготовки. Для решения задачи предлагается использовать модифицированный метод последовательных назначений совместно с процедурой типа динамического программирования, согласно которой состояние системы изменяется в соответствии с одношаговой функцией переходов [3] и алгоритм оптимального распределения ограниченных ресурсов [4, 5], при условии, что каждая $l_{(ij)}$-я работа может производится с переменной интенсивностью потребления трудовых ресурсов.

Заключение

Представленный в статье способ решения задачи рационального распределения ресурсов для стохастических СМ позволит решать задачи распределения ограниченных ресурсов и выполнять их корректировки (перераспределение по работам) как на этапе планирования, так и в реальном режиме времени.

Предлагаемый подход может быть использован как в области информационных технологий, так и в различных производственных и бытовых сферах деятельности, где применяются методы сетевого планирования и управления. Полученные результаты найдут применение при организации ремонта, строительных работ, сервисного обслуживания, развертывания и наладки различного оборудования, планирования и контроля управленческой деятельности организаций, а также при решении других задач управления в сложных технических системах [6, 7, 8].

Список литературы

1. Бурков, В.Н. Модели и методы мультипроектного управления / В.Н Бурков, О.Ф. Квон, Л.А. Цитович. – М.: ИПУ РАН, 1997. – 62 с.

2. Коновалов, О.А. Задача динамического распределения ресурсов с учетом неопределенных факторов в сложных технических системах / О.А. Коновалов, Ю.С. Сербулов // Материалы Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи «Математическое моделирование в технике и технологии» 21 октября 2011 г. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2011. – С. 200-204.

3. Зырянов, Ю.Т. Система управления рациональным распределением ресурсов на основе модернизированного метода последовательных назначений / Ю.Т. Зырянов, О.А. Коновалов, А.К. Малыков // Проблемы управления, 2011. № 1. – С. 55-62.

4. Зырянов, Ю.Т. Алгоритм распределения ресурсов по множеству зависимых операций / Ю.Т. Зырянов, О.А. Коновалов // Информационно-измерительные и управляющие системы, 2009. № 10. С. 10-16.

5. Коновалов, О.А. Метод оптимизации структуры детерминированной сетевой модели / О.А. Коновалов, Е.В. Коновальчук, К.А. Малыков, Ю.С. Сербулов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. Воронеж, 2012. №2. – С. 111-116.

6. Величко, С.В. Информационные технологии выбора и распределения ресурсов технологических систем / С.В. Величко, Ю.С. Сербулов, А.В. Лемешкин. – М., 2007. 238 с.

7. Сербулов, Ю.С. Управление распределением и потенциалом трудовых ресурсов организации при оптимизации структур сетевых моделей: монография / Ю.С. Сербулов, О.А. Коновалов, О.В. Курипта. Воронеж, 2014. – 191 с.

Оптимизация последовательной схемы генерации расписания при решении RCPSP

В. В. Коротков, email: chasecrunk@gmail.com
М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматриваются варианты оптимизации времени выполнения последовательной схемы генерации расписания, являющейся основой метаэвристических алгоритмов решения задачи календарного планирования проекта.*

Ключевые слова: *RCPSP, календарное планирование проекта, проектный менеджмент, последовательная схема генерации, SSGS, комбинаторная оптимизация.*

Введение

Проблема построения расписания выполнения проекта в условиях ресурсных ограничений (Resource Constrained Project Scheduling Problem) относится к классу NP-трудных [1], поэтому для решения задач реалистичных объёмов на данный момент наиболее актуальны различные метаэвристические алгоритмы, не гарантирующие нахождение оптимального решения, но позволяющие ограничить выделенное на вычисления время. Подавляющее большинство таких алгоритмов основано на представлении решения в виде комбинации некоторых элементов (например, приоритетов работ) и переборе возможных комбинаций, с целью нахождения оптимальной [2]. То есть решении задачи комбинаторной оптимизации. Ключевым элементом в этом случае является процедура получения по такой комбинации итогового расписания – схема генерации. Такая процедура выполняется для каждого рассматриваемого решения с целью его оценки относительно оптимизируемых параметров и суммарно занимает большую часть времени работы алгоритма. А значит временная сложность её реализации имеет огромное влияние на итоговую эффективность алгоритма. Чем большее число итераций успеет совершить алгоритм за то же время, тем больше вероятность нахождения более качественного решения. Однако, вопросу оптимизации схем генерации расписания на данный момент практически не уделено должного внимания.

© Коротков В. В., Матвеев М. Г., 2020

1. Классическая постановка RCPSP

В классической постановке RCPSP имеется множество J работ проекта и множество ресурсов $r \in R$ в количестве c_r единиц каждый. Каждая работа $j \in J$ имеет продолжительность d_j и требует $v_{j,r}$ единиц каждого из ресурсов $r \in R$. Требуемые ресурсы занимаются на время выполнения работы и высвобождаются по её окончании. Не допускается временное прерывание работы после её начала. Для каждой работы $j \in J$ также задано множество предшествующих ей работ $pred_j \subset J$, которые должны быть завершены перед её началом. Задача состоит в нахождении таких времён начала s_j каждой из работ $j \in J$, которые обеспечивают скорейшее завершение проекта и удовлетворяют ресурсным ограничениям и ограничениям предшествования.

2. Последовательная схема генерации расписания

Схема генерации – это процедура, которая позволяет итеративно дополнять частичное расписание, содержащее не все работы проекта, вплоть до получения полного расписания. Наиболее применима в эвристических алгоритмах так называемая последовательная схема (Serial Schedule Generation Scheme), которая заключается в последовательном добавлении работ по одной и размещении их во времени на самую раннюю возможную позицию так, чтобы не нарушить имеющиеся ограничения.

Метаэвристические методы, как правило, используют представление решения в упрощённой форме, задающей порядок обработки работ последовательной схемой, в результате чего возможно получить соответствующее этому решению расписание и оценить его продолжительность или другие интересующие параметры. Наиболее часто используется представление в виде списка работ, размещённых в нужном порядке (activity list). Также может применяться представление в виде вектора, ставящего в соответствие каждой работе её приоритетности, которая определяет порядок обработки (random key representation), а также ряд других представлений [2]. Важно, чтобы закодированный в решении порядок не нарушал ограничения предшествования между работами.

Формальное описание SSGS в виде псевдокода приведено в листинге 1. Здесь *T* – временной горизонт планирования, матрица *A* задаёт доступное количество каждого из ресурсов в каждый из дискретных моментов времени. *Solution* – список работ, задающий порядок добавления работ в расписание. Для каждой добавляемой работы сперва определяется *t0* – наиболее раннее допустимое время

начала, не нарушающее ограничений предшествования. Равно самому позднему из времён завершений предшествующих работ. Функция *FindStart* ищет, начиная с *t0*, дискретный момент времени, начало работы в котором не нарушит ресурсных ограничений. Наконец, функция *Update* обновляет матрицу *A*, уменьшая число доступных ресурсов в моменты времени, соответствующие выполнению добавленной работы.

Листинг 1

Последовательная схема генерации расписания

```
procedure SSGS(Solution, T, c, d, v, Pred):
    A[t][r] = c[r] for t = 1,…,T; r = 1,…,Len(c)
    for j in Solution do
        t0 = max(s[k] + d[k] for k in Pred[j])
        s[j] = FindStart(A, t0, d[j], v[j])
        Update(A, s[j], d[j], v[j])
    return s
```

Классическая реализация функции *FindStart* заключается в последовательной проверке всех дискретных моментов времени, начиная с рассматриваемого времени старта *tj = t0*, на предмет наличия необходимых для работы ресурсов. В случае успешного достижения времени окончания, равного *tj + d[j]*, функция возвращает *tj*. Иначе, в случае нахождения позиции *t*, в которой проверка ресурсов даёт негативный результат, *tj* перемещается в позицию *t* + 1, и поиск продолжается. В работе [3] предложена модификация данного алгоритма, вдохновлённая алгоритмом поиска подстроки Кнута-Морриса-Пратта (листинг 2). Он позволяет сократить число проверок за счёт рассмотрения моментов времени в обратном порядке: от предполагаемого момента завершения и двигаясь к рассматриваемой точке старта.

Листинг 2

Улучшенная реализация функции FindStart

```
procedure FindStart(A, t0, dur, dem):
    tj = t0
    t = tj + dur - 1
    test = tj
    while t >= test do
        if A[t][r] >= dem[r] for r = 1,…,Len(dem) then
            t = t - 1
        else
            test = tj + dur
            tj = t + 1
            t = tj + dur - 1
    return tj
```

Обозначим описанную реализацию $SSGS_{Base}$ и будем в дальнейшем рассматривать её как базовую.

Дальнейших попыток оптимизировать последовательную схему практически не принималось, за исключением работы [4], в которой применение вспомогательных структур, аналогичных фильтру Блума, позволило в некоторых случаях сократить время проверки наличия достаточного количества ресурсов в конкретный момент времени.

3. Варианты оптимизации

Если потребление работой ресурсов одинаково на всей её протяжённости, изменения в текущем доступном количестве ресурсов происходят только в моменты начала и завершения работ. При этом, т.к. при добавлении ищется наиболее раннее время начала, не нарушающее ограничений, моменты старта работ будут совпадать с моментами окончания работ, уже добавленных в расписание. Таким образом, достаточно поддерживать информацию о доступности ресурсов в отдельные моменты времени, равные временам окончания работ.

Заменим матрицу A на массив, хранящий отметки времени и соответствующие им доступные ресурсы. Будем поддерживать элементы вектора в порядке возрастания значения временной отметки. Получим алгоритм, описанный в листинге 3. Первоначально инициализируем A начальным моментом времени. Для каждой добавляемой работы, определив максимальное из времён окончаний предшественников, ищем соответствующую ей позицию в векторе при помощи бинарного поиска (вызов *FindIndex*). Функция *FindFirstLast* производит поиск места для вставки начиная с этой позиции и возвращает помимо стартового индекса *iFirst* также и индекс *iLast* последней отметки из вектора A, входящей в период выполнения работы. Используемая при этом вспомогательная функция *SearchFrom* производит, начиная с заданного индекса, линейный поиск позиции последнего элемента, чья временная метка меньше некоторого значения. Если в массиве A ещё не содержится элемент, соответствующий найденному времени окончания, то он добавляется, при этом число ресурсов копируется из предшествующей позиции. Наконец, как и ранее, требуется обновить информацию о доступности ресурсов в различные периоды времени в соответствии с добавленной работой. Обозначим описанную реализацию как $SSGS_{Vector}$.

Листинг 3

Реализация на динамическом массиве

```
procedure SSGS(Solution, T, c, d, v, Pred):
    A = [{t: 0, r: c}]
    for j in Solution do
        t0 = max(s[k] + d[k] for k in Pred[j])
```

```
        i0 = FindIndex(A, t0)
        iFirst, iLast = FindFirstLast(A, i0, d[j], v[j])
        s[j] = A[iFirst].t
        InsertAfterIfNeeded(A, iLast, s[j] + d[j])
        Update(A, s[j], d[j], v[j])
    return s

procedure InsertAfterIfNeeded(A, i, finishTime):
    if i <= Len(A) and A[i + 1].t != finishTime then
        A.Insert(i + 1, {t: finishTime, r: A[i].r})

procedure FindFirstLast(A, iFirst, dur, dem):
    iLast = SearchFrom(A, iFirst, A[iFirst].t + dur)
    i = iLast
    test = iFirst
    while i >= test do
        if A[i].res[r] >= dem[r] for r = 1,…,Len(dem) then
            i = i - 1
        else
            test = iLast + 1
            iFirst = i + 1
            finishTime = A[i + 1].t + dur
            iLast = SearchFrom(A, iLast + 1, finishTime)
            i = iLast
    return iFirst, iLast
```

В отличие от классической реализации, теперь необходимо производить поиск *FindIndex,* имеющий временную сложность O(logn). Мы можем немного уменьшить время его выполнения, если для каждой добавленной работы запоминать индекс, соответствующий времени её окончания. Позднее из-за вставки новых элементов эта информация может потерять актуальность, но сохранённое значение задаёт нижнюю границу диапазона, в котором нужно производить поиск. Реализацию, использующую такое ускорение, обозначим как $SSGS_{Vector2}$.

Для полного же устранения этого недостатка необходимо использовать вместо массива динамическую структуру данных, например, связный список, что позволит хранить указатели на необходимые элементы. Кроме того, операция вставки в связный список имеет константную сложность, в то время как вставка в динамический массив носит сложность O(n). В листинге 4 приведен псевдокод реализации последовательной схемы на односвязном списке. В вектор *f* сохраняются указатели на узлы списка, соответствующие окончаниям работ, что позволяет быстро определить начальную позицию для поиска места вставки очередной работы. Данная реализация, обозначенная как $SSGS_{List}$, использует обычный алгоритм поиска позиции для вставки. Для модификации, вдохновлённой алгоритмом Кнута-Морриса-Пратта, необходимо перемещаться в обоих направлениях, поэтому понадобится

двусвязный список. Псевдокод алгоритма поиска на двусвязном списке приведён в листинге 5. Использующую его реализацию обозначим $SSGS_{List2}$. При этом необходимость осуществления линейного поиска последнего затрагиваемого узла списка (вызов *SearchFrom*) вносит дополнительные временные издержки, которые могут на некоторых данных превышать полученную выгоду.

Листинг 4

Реализация на односвязном списке

```
procedure SSGS(Solution, T, c, d, v, Pred):
    root = CreateNode(0, c)
    for j in Solution do
        fromNode = root
        for k in preds[j] do
            fromNode = f[k] if f[k].t > fromNode.t
        fNode, lNode = FindFirstLast(fromNode, d[j], v[j])
        s[j] = fNode.t
        InsertAfterIfNeeded(lNode, fNode.t + d[j])
        f[j] = lNode.next
        Update(fNode, d[j])
    return s

procedure FindFirstLast(fromNode, dur, dem):
    firstNode = fromNode
    node = fromNode
    while node.next do
        if node.res[r] >= dem[r] for r = 1,…,Len(dem) then
            node = node.next
        else
            node = node.next
            firstNode = node
    return firstNode, node
```

рварв

Листинг 5

Реализация поиска на двусвязном списке

```
procedure FindFirstLast(fromNode, dur, dem):
    firstNode = fromNode
    node = SearchFrom(firstNode, firstNode.t + dur)
    lastNode = node
    test = fromNode
    while node != test.prev do
        if node.res[r] >= dem[r] for r = 1,…,Len(dem) then
            node = node.prev
        else
            firstNode = node.next
            if lastNode.next then
                test = lastNode.next
                lastNode = SearchFrom(test, firstNode.t + dur)
```

```
                node = lastNode
            else
                break
    return firstNode, lastNode
```

Важной особенностью приведённых вариантов реализации также является устранение ограничения на дискретность времени и обязательную целочисленность продолжительностей работ.

4. Результаты

Все указанные алгоритмы были реализованы на языке Python. Для получения тестовых экземпляров задачи, обладающих необходимыми качествами, был написан алгоритм генерации, подобный использовавшемуся в программе ProGen [5]. Алгоритм помимо прочих позволяет задать такие параметры генерируемого экземпляра задачи, как сложность сети, ресурсный множитель и величину имеющихся ресурсных запасов. Сложность сети характеризует степень полноты графа. Ресурсный множитель определяет среднюю долю числа типов ресурсов, требуемых для выполнения работ. Значение 0 соответствует отсутствию каких-либо ресурсных требований у работ, 1 – задействованию хоть в каком-либо количестве всех видов ресурсов для выполнения каждой работы. Величина ресурсных запасов определяется коэффициентом, который также принимает значения в диапазоне от 0 до 1. При значении 0 каждого вида ресурса содержится ровно столько единиц, сколько максимально требует одна из работ проекта. При значении 1 каждого ресурса содержится столько, сколько может максимально потребоваться в какой-либо момент времени при выполнении проекта без учёта ресурсных ограничений, а учитывая только ограничения предшествования.

Было проведено 7 серий измерений. В каждом случае брался один из рассматриваемых параметров и исследовалось время выполнения алгоритма для разных его значений. При этом значения прочих параметров оставались фиксированными. Использовались следующие значения по умолчанию: число работ – 100, число ресурсов – 6, минимальная длительность работы – 1, максимальная длительность работы – 20, сложность сети – 1.5, ресурсный множитель – 0.5, величина ресурсных запасов – 0.1.

Для каждого набора значений параметров генерировалось 10 экземпляров задачи. Для каждого экземпляра случайным образом формировалось 50 возможных решений в виде списка работ в порядке приоритета. Наконец, все 5 алгоритмов повторяли конвертацию каждого из этих списков в готовое расписание по 10 раз. Затем путём усреднения было определено среднее время работы каждого из алгоритмов на

данном наборе значений параметров. На рисунке ниже представлены полученные результаты измерений. Время работы алгоритмов выражено в процентах относительно времени работы классической реализации ($SSGS_{Base}$).

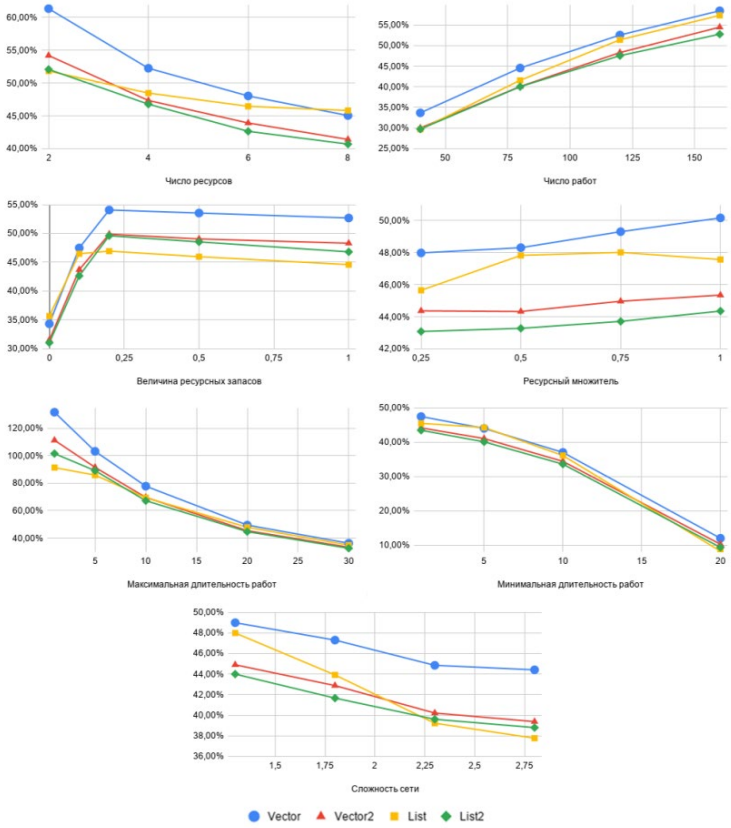


Рисунок. Результаты измерений

Как видно из результатов, рассмотрение только моментов завершения работ приводит к значительному ускорению алгоритма: более чем в 2 раза для большинства значений параметров. Только при очень малых значениях максимальной продолжительности работ время выполнения алгоритма может превысить классическую реализацию из-за уменьшения устраняемой избыточности в хранимых данных и увеличении накладных расходов на работу с ними. Кроме того,

реализации на связных списках оказались быстрее реализаций на массивах практически на всех рассмотренных диапазонах параметров. При этом эффективность применения для списковой реализации процедуры, аналогичной алгоритму Кнута-Морриса-Пратта, зависит главным образом от значения величины ресурсных запасов. При рассмотренных значениях параметров по умолчанию такая модификация оказалась не эффективна на величинах ресурсных запасов, превышающих 0.15. Таким образом, т.к. все указанные параметры задачи известны или могут быть определены ещё перед её решением, возможно адаптивно выбрать наиболее эффективную на данных параметрах реализацию последовательной схемы генерации расписания и тем самым дополнительно ускорить работу метаэвристического алгоритма.

Заключение

В рамках работы было реализовано несколько вариантов оптимизации последовательной схемы генерации расписания проекта. Полученные результаты могут быть использованы для ускорения любых метаэвристических алгоритмов решения RCPSP, основанных на представлении решения в виде списка работ или набора их приоритетов.

Список литературы

1. Blazewicz, J. Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity / J. Blazewicz, J. K. Lenstra, A. H. G. Rinnooy Kan // Discrete Applied Mathematics. – 1983. – Vol. 5. – Issue 1. – P. 11-24.

2. Kolisch, R. Heuristic Algorithms for Solving the Resource-Constrained Project Scheduling Problem: Classification and Computational Analysis / R. Kolisch, S. Hartmann // Project scheduling: Recent models, algorithms and applications. – Boston, 1998. – P. 147–178.

3. Combining Monte-Carlo and hyper-heuristic methods for the multi-mode resource-constrained multi-project scheduling problem / S. Asta [et al] // Information Sciences. – 2016. – Vol. 373. – P. 476-498.

4. Karapetyan, D. Efficient Adaptive Implementation of the Serial Schedule Generation Scheme using Preprocessing and Bloom Filters / D. Karapetyan, A. Vernitski // Learning and Intelligent Optimization: 11th International Conference (Nizhny Novgorod, June 19-21, 2017). – Cham, 2017. – P. 124-138.

5. Kolisch, R. Characterization and Generation of a General Class of Resource-Constrained Project Scheduling Problems / R. Kolisch, A. Sprecher, A. Drexl // Management Science. – 1995. – Vol. 41. – Issue 10. – P. 1693-1703.

Структурное моделирование транспортных потоков социально-экономических объектов

Д. С. Кутищев, e-mail: dmi-kutishew@yandex.ru
О. Л. Дзюбенко, e-mail: enot1881@mail.ru
Д. Н. Смирнов, e-mail: 48dimka54@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *Обеспечение безопасного движения в различных социально-экономических объектах требует применения комплекса мероприятий, которые способствуют упорядочению движения на уже существующей (сложившейся) улично-дорожной сети.*

Ключевые слова: *транспортный поток, социально-экономический объект.*

Введение

В настоящее время возросший автомобильный парк и объем перевозок в различных социально-экономических объектах ведет к увеличению интенсивности движения, что в современных условиях приводит к возникновению транспортных проблем. Увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, растет количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых гибнут и получают ранения и взрослые и дети.

1. Достоинства и недостатки детекторов транспорта

Наиболее экономичным и приоритетным направлением в области организации дорожного движения в социально-экономических объектах, является установка, оптимизация и комбинирование современных приборов, датчиков на узловых точках городской сети [1].

В настоящее время существует несколько типов детекторов транспорта, различающихся по принципу действия.

Значительную группу составляют *контактные детекторы* транспорта, к которым относятся *электромеханические, пневматические и пьезоэлектрические* устройства.

Достоинства таких детекторов в невысокой стоимости, малом энергопотреблении, небольших габаритных размерах и массе, простоте изготовления и обслуживания.

© Кутищев Д.С., Дзюбенко О.Л., Смирнов Д.Н., 2020

Недостатком таких детекторов являются ограничения по возможностям – они осуществляют только подсчет числа осей и могут быть использованы только на однополосных или двухполосных дорогах с низкой интенсивностью движения. Поэтому их используют лишь в качестве переносных детекторов при проведении кратковременных обследований дорожного движения.

Наибольшее распространение получили следующие современные бесконтактные детекторы транспорта [2]:

Индуктивные детекторы транспорта используются для измерения скорости движения транспортных средств, интенсивности, плотности и т.д.

Достоинство индуктивных детекторов заключается в возможности быстрого монтажа и удобства технического обслуживания, надежности работы при различных погодных и климатических условиях, точности измерения.

Несмотря на ряд преимуществ, индуктивные детекторы имеют и недостатки - это вероятность не обнаружения транспортных единиц при пересечении ей контролируемого сечения (при установке чувствительного элемента на одну полосу) или вероятность выдачи ложного сигнала при отсутствии транспортных единиц.

Электромагнитные детекторы предназначены для установления факта прохождения автомобилем контролируемой зоны (измерения интенсивности движения), для определения длины очередности, задержки, затора в движении, для измерения скорости движения потока, состава и плотности потока. Несмотря на дешевизну, закладка чувствительных элементов под дорожное покрытие требует проведения дорогостоящих работ.

Инфракрасный детектор транспорта представляет собой детектор с динамическим управлением и диапазоном обнаружения (с радиусом действия) порядка 20 м. Детектор может применяться автономно, а также совместно с дорожными контроллерами. Полученные с помощью этого детектора данные могут быть использованы для оптимизации транспортных потоков в местах установки светофоров.

Установка *детекторов излучения* (ультразвуковые, инфракрасные, радарные и видеодетекторы) не требует проведения дорожных работ, что является значительным плюсом. Основным аргументом в пользу *радарных технологий*, по сравнению с видео, является их оперативная, за счет обработки данных на ЭВМ, и надежная работа в условиях плохой оптической видимости - недостаточное освещение или туман, помех от дождя или снега [3]. Несмотря на достоинства радарных технологий, *видеодетекторы* имеют ряд существенных преимуществ.

Основным преимуществом видеодетекторов является то, что изображения наиболее адекватно человеческому восприятию окружающего мира.

2. Методы увеличения пропускной способности дорожного движения социально-экономических объектов

Согласно вышеописанным достоинствам и недостаткам детекторов транспорта можно сделать вывод о том, что в настоящее время не существует универсального детектора движения транспорта, поэтому проблема выбора правильного размещения, выбора типа и комбинации таких детекторов транспорта является актуальной задачей в наши дни [4].

Чтобы обеспечить оптимальное регулирование дорожного движения в узловой точке социально-экономических объектов (рассмотрим на примере города Воронеж) можно смоделировать комбинацию из нескольких видов датчиков движения транспорта и пешеходов, с целью увеличения пропускной способности, снижения количества и видов ДТП на рассматриваемом участке с минимальными экономическими затратами [4].

Важным участком улично-дорожной сети города Воронежа является микрорайон Березовая роща.

На этом участке существует проблема – большое количество пешеходов, узкая с двусторонним движением автомобильная дорога, на которой нет заездных карманов для маршрутных ТС, что приводит к задержкам ТС особенно в период час-пик, а при возникновении малейшего ДТП - к образованию затора.

В среднем обычная дорога с двусторонним движением, имеющая проезжую часть шириной 7-7,5 м, может в обоих направлениях пропустить около 2000 авт/ч. Для расчета пропускной способности рассматриваемого участка дорожной сети и уровня ее загрузки, воспользуемся методом подсчета согласно условиям расчета для построенных дорог [5].

Все статистические расчеты выполнялись на специальных бланках, для исключения ввода ошибочных данных при дальнейших расчетах.

Для определения уровня загрузки потока и расчетных скоростей движения на рассматриваемом участке, а также для принятия мер по устранению вышеизложенных проблем, воспользуемся следующими расчетами:

Определим уровень загрузки исследуемого участка дороги:

$$Z = \frac{\sum Nnp}{p} \quad (1)$$

где, *Nnp* - часовая интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю (авт/ч) различных групп машин; *p*- наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено на рассматриваемом участке дороги в реальных дорожных и природно-климатических условиях (авт/ч).

$$Z = \frac{1441}{2000} = 0.72 \quad (2)$$

Затем определим скорость движения автомобилей, которая является одним из важнейших факторов. В зависимости от фактической скорости движения оценивается технический уровень и состояние дорог через эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчетной скорости *Крс.э*, который равен отношению max скорости одиночного автомобиля, обеспеченной дорогой по условиям безопасности движения (*Vcp.max*), к расчетной скорости для данной категории дороги и с учетом рельефа местности *Vp*; где *Vp*=40 км/ч, а *Vcp*=0,9 км/ч.

$$Крс.э = \frac{Vcp.\max}{V} = \frac{48.024}{40} = 1.2006 \quad (3)$$

Как видно из расчетов, уровень загрузки высокий, а скоростные показатели для данного участка превышают безопасный порог движения. В связи с этим на данный участок дорожной сети необходимо установить инфракрасные детекторы движения для оптимизации транспортных и пешеходных потоков в месте установки светофора, а также камеры фиксации превышения скорости для регулирования скоростного потока автотранспорта. Затем скоординировать светофор со светофорами расположенными на соседних участках для обеспечения так называемой «зеленой волны». Это обеспечит снижение числа неоправданных остановок и торможений в потоке, а также уровня транспортных задержек.

Заключение

Таким образом, как показывает практика такая координация позволяет с минимальными экономическими затратами увеличить пропускную способность ориентировочно в 2,25-3,75 раза, а установка современных датчиков позволит еще и снизить количество ДТП, и повысить пропускную способность на данном участке дорожной сети в 2 и выше раза.

Список литературы

1. Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов: материалы Международ. научно-практ. конф. 16-17 июня 2014 г. Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2014.-Т.1. – 363 с.

2. Роберт, И.В. Теория и методика информатизации образования (психолого- педагогический и технологический аспекты) [Текст] / И. В. Роберт; 3-е изд. – М.: ИИО РАО, 2010. – 356 с.

3. Полат, Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Под ред. Е.С. Полат. – М.: Изд. центр «Академия», 2002. – 272 с.

4. Пузанкова, А.Б. Компетентностная инженерно-графическая подготовка студентов в вузе. Монография.– Самара, 2014: изд-во СамНЦ РАН. – 100 с.

5. Кутищев, Д.С. Моделирование транспортного потока в условиях города Воронеж / Д.С. Кутищев, О.Л. Дзюбенко, Д.Н. Смирнов // Информатика: проблемы, методология, технологии (IPMT-2018): мат. XVIII Международной конф. (Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» – 08-09 февраля 2018). – Воронеж, 2018. С. 232 - 236.

Логико-лингвистическая модель определения контурных точек сосредоточенных и площадных объектов в условиях неопределённости

Д. В. Лакомов, email: ladenv@yandex.ru[1]
Д. В. Поляков, email: dimadress@yandex.ru [1]
В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru[1]

[1] Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе приведена логико-лингвистическая модель определения контурных точек при двойной пороговой фильтрации для выявления сосредоточенных и площадных объектов на изображении в условиях неопределённости.*

Ключевые слова: *пиксель, контур, анализ, нечёткое множество, лингвистическая переменная, норма, конорма.*

Введение

В современных системах управления, принятия решений и обработки информации распознавание (идентификация) сосредоточенных и площадных объектов на изображении затруднено тем, что воздействие негативных внешних и внутренних факторов вносит в этот процесс неопределённость, приводящую к размытости изображений. В связи с этим применяются алгоритмы и модели, позволяющие уменьшить влияние неопределённости при анализе изображений.

Одной из проблем при применении алгоритмов контурного анализа, в частности алгоритма Канни, для обработки изображений в условиях неопределённости является отсутствие четких критериев выбора значений порогов, что приводит к искажению и потере части реальных контуров, а также к появлению ложных контуров. В данной статье предложена логико-лингвистическая модель (ЛЛМ), позволяющая решить данную проблему, а также упростить и автоматизировать процесс анализа изображений различного качества.

Теория нечётких множеств является тем самым методом построения искусственного интеллекта, который позволяет формализовать человеческую логику [1] и, по сути, научить вычислительное устройство оперировать человеческими категориями, посредством специализированного программного обеспечения.

© Лакомов Д. В., Поляков Д. В., Алексеев В. В., 2020

1. Решение задачи построения контуров объектов

Рассмотрим исходные условия задачи построения контуров объектов, имеющихся на изображении.

Всё множество пикселей изображения представляет собой матрицу *P:*

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1Y} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{X1} & \cdots & p_{XY} \end{pmatrix},$$

где p_{ij} – цветовое значение пикселя изображения в цветовой модели RGB, X – ширина изображения, Y – высота изображения [2].

Каждому пикселю p_{ij} ставится в соответствие значение градиента его яркости - l_{ij}.

Обозначим множество, создаваемое из всех элементов матрицы $P \rightarrow P_u$.

Обозначим множество пикселей контура – C:

$$C = \left\{ p_{ij} \right\} \mid p_{ij} \neq (255, 255, 255), 1 \le i \le X, 1 \le j \le Y.$$

Все остальные пиксели изображения объединяем во множестве W:

$$C = \left\{ p_{ij} \right\} \mid p_{ij} = (255, 255, 255), 1 \le i \le X, 1 \le j \le Y.$$

$$\mathrm{C} \cup \mathrm{W} = \mathrm{P}_{\mathrm{и}}.$$

В работе [2] все пиксели, принадлежащие множеству C подвергаются двойной пороговой фильтрации, а затем часть пикселей проходят через процедуру трассировки области неоднозначности.

Для снижения временных затрат на обработку изображения, а также для упрощения процедуры построения контуров объектов в разработанную аналитическую модель целесообразно внедрить ЛЛМ определения принадлежности градиентных точек контуру.

Пусть N – множество градиентных пикселей с подозрением на принадлежность к контуру. множеству N относим все пиксели множества C из (1):

$$\forall n_{ij} \in N, 1 \le i \le X, 1 \le j \le Y, l_{ij} - \text{градиент яркости nij}.$$

На начальном этапе работы модели множество C является пустым:

$\mathrm{C} = \emptyset$.

Необходимо определить принадлежность пикселей множества N множеству C.

Нами задана лингвистическая переменная X, формализующая нужную характеристику пикселей. На основе теории нечётких множеств разработан подход к формализации принадлежности пикселей контуру

объекта на изображении. В соответствии с классическим подходом [3] X имеет вид:

$$X=<x, T_x, C_x, G_x, M_x>, \quad (1)$$

где: x – имя лингвистической переменной X;

T_x – терм-множество значений X, то есть множество базовых значений лингвистической переменной;

G_x – множество синтаксических правил, порождающих новые (не базовые) значения лингвистической переменной X и состоящих из синтаксических связок Sv_x и модификаторов Mod_x, то есть $G_x = Sv_x \cup Mod_x$;

C_x – область определения функций принадлежности, формализующих значения лингвистических переменных;

M_x – множество правил, задающих как вид функций принадлежности, формализующих значения лингвистической переменной, представленные в терм множестве, так и семантику для новых, порождённых посредством G_x, значений.

Отметим ряд важных моментов при построении ЛЛМ:

1. Каждому терму из множества T_x ставится в соответствие некоторая функция принадлежности из M_x, задавая, таким образом, семантику данного терма.
2. Каждому модификатору или синтаксической связке из G_x ставится в соответствие унарное или бинарное преобразование из M_x соответственно.
3. Синтаксические связки «и» и «или», а также модификатор «не», являются классическими для всех лингвистических переменных. Они формализуются посредством норм, конорм и операции отрицания соответственно. Существует множество видов данных операций [3], конкретный вид операции выбирается из соображений адекватности модели. На этапе разработки модели норма, конорма и операция отрицания классически обозначаются как $T(x,y)$, $S(x,y)$, и $n(x)$ соответственно, где x,y $\in C_x$.
4. Зачастую при построении T_x используется три терма, которые можно условно обозначить как «низкое», «среднее» и «высокое» значение величины, формализуемой лингвистической переменной. Прочие значения лингвистических переменных строятся на основе данных посредством модификаторов. Например, модификатор «очень», позволяет построить значения «очень низкое» или «очень высокое», а модификатор «не» добавить к данным вариантам такие значения лингвистической переменной как «не низкое» или «не очень высокое».

Семантику значений «низкое» и «высокое» задаем функциями вида:

$$\mu_{низкое}(x) = \min\{1, \max\{0, f(x)\}\}, \forall x \in C_x, \quad (2)$$

где $f(x)$ убывает на C_x.

$$\mu_{высокое}(x) = \min\{1, \max\{0, g(x)\}\}, \forall x \in C_x, \quad (3)$$

где $g(x)$ возрастает на C_x.

Таким образом, для задания функций принадлежности, формализующих значения лингвистической переменной из терм-множества условно обозначенные как «низкое» и «высокое» в виде (2) и (3) задаются с помощью $f(x)$ и $g(x)$ на C_x.

1Значение лингвистической переменной из терм-множества T_x, условно обозначенное как «среднее» с семантической точки зрения близко к понятию «не высокое и не низкое». А семантику данного значения легко построить, используя функции (2) и (3), а также норму и операцию отрицания. Тогда:

$$\mu_{высокое}(x) = T(n(\mu_{высокое}(x)), n(\mu_{низкое}(x))), \forall x \in C_x, \quad (4)$$

Таким образом, при заданных функциях $f(x)$ и $g(x)$, а также нормы и операции отрицания, чтобы посредством (2-4) построить функции принадлежности, формализующие значения терм-множества T_x.

Отметим, что норма, конорма и операция отрицания выбираются одинаковыми для всех лингвистических переменных в рамках модели, так как соответствующие им синтаксические связки и модификатор применяются не только к элементам терм-множества в рамках построения значения одной лингвистической переменной, но и к нескольким лингвистическим переменным для формирования правил. Поэтому при задании функций принадлежности конкретной лингвистической переменной применяем $f(x)$ и $g(x)$, тогда как непосредственно сами функции уже строятся на основе (3-5).

Таблица 1

Лингвистическая переменная L

T_l	{«низкое», «среднее», «высокое»}
C_l	R – множество действительных чисел
$f_l(x)$	$L_f(x)$ – многочлен, удовлетворяющий требованиям $f_l(x)$ на её области определения
$g_l(x)$	$L_g(x)$ – многочлен, удовлетворяющий требованиям $g_l(x)$ на её области определения
G_l	M_l
«очень»	l^2

Моменты, определённые в пунктах 1-5 позволяют задать лингвистическую переменную $L = < l, T_l, C_l, G_l, M_l >$ «значение градиента» в виде табл 1.

В разработанной ЛЛМ мы применили стандартную норму, конорму и операцию отрицания [3]:

$$\begin{cases} T(x, y) = xy, \\ S(x, y) = x + y - xy, \\ n(x) = 1 - x. \end{cases} \quad (5)$$

Норма и конорма, предложенные в (5) называются вероятностными и довольно широко используются, а операция отрицания из (5) является классической и наиболее часто используемой в нечёткой логике.

Таким образом, теория нечётких множеств позволяет на основе собранных данных оперировать логикой в естественных для человека терминах и семантике, применяя при этом строгий математический аппарат.

Рассмотрим правила H_1-H_4 для принятия решения о принадлежности пикселей множеству контурных точек, сформулированные на естественном языке и подход к их формализации средствами нечёткой логики.

Пусть H_1= «**Если** значение градиента пикселя высокое, **то** пиксель принадлежит множеству контурных точек».

Пусть H_2= «**Если** значение градиента пикселя низкое, то пиксель **не** принадлежит множеству контурных точек».

Пусть H_3= «**Если** значение градиента пикселя среднее, **и** у любого соседнего пикселя значение градиента высокое, **то** пиксель принадлежит множеству контурных точек».

Пусть H_4= «**Если** значение градиента пикселя среднее, **и** у всех соседних пикселей значение градиента низкое, **то** пиксель **не** принадлежит множеству контурных точек».

Переформулируем правила H_1-H_4 в семантике значений рассмотренной в таблице 1 лингвистической переменной. Назовём новые формулировки $H_1^{'} - H_4^{'}$. Зафиксируем некоторый пиксель n_{ij}, тогда его соседними пикселями будут:

$$n_{i-1\,j+1}; n_{ij+1}; n_{i+1\,j+1}; n_{i-1\,j}; n_{i+1\,j}; n_{i-1\,j-1}; n_{ij-1}; n_{i+1\,j-1}.$$

Для упрощения формулирования правил обозначим заданный пиксель – n,а соседние пиксели - n_1-n_8 соответственно, тогда:

$H_1^{'}$ = «**Если** L_n = «высокое», **то** $n \in C$, или:

$$H_1^{'} = \mu_{выс}(n).$$

$H_2^{'}$ = «**Если** L_n = «низкое», **то** $n \notin C$, или:

$$H_2^{'} = \mu_{низ}(n).$$

$H_3^{'}$ = «**Если** L_n = «среднее», **и** (L_{n_1} = «высокое» **или** L_{n_2} = «высокое» **или** L_{n_3} = «высокое» **или** L_{n_4} = «высокое» **или** L_{n_5} = «высокое» **или** L_{n_6} = «высокое» **или** L_{n_7} = «высокое» **или** L_{n_8} = «высокое»), то $n \in C$, или:

$$\begin{aligned} H_3^{'} = T(\mu_{ср}(n) S(\mu_{выс}(n_1), \mu_{выс}(n_2), \mu_{выс}(n_3), \\ \mu_{выс}(n_4), \mu_{выс}(n_5), \mu_{выс}(n_6), \mu_{выс}(n_7), \mu_{выс}(n_8))). \end{aligned} \quad (6)$$

$H_4^{'}$ = «**Если** L_n = «среднее», **и** (L_{n_1} = «низкое» **и** L_{n_2} = «низкое» **и** L_{n_3} = «низкое» **и** L_{n_4} = «низкое» **и** L_{n_5} = «низкое» **и** L_{n_6} = «низкое» **и** L_{n_7} = «низкое» **и** L_{n_8} = «низкое»), то $n \notin C$, или:

$$\begin{aligned} H_4^{'} = T(\mu_{ср}(n), \mu_{низ}(n_1), \mu_{низ}(n_2), \mu_{низ}(n_3), \\ \mu_{низ}(n_4), \mu_{низ}(n_5), \mu_{низ}(n_6), \mu_{низ}(n_7), \mu_{низ}(n_8)). \end{aligned} \quad (7)$$

Заметим, что в (6-7) были использованы нормы относительно восьми переменных, хотя классически в теории нечётких множеств норма определяется как функция двух переменных. Вместе с тем, норма и конорма обладают свойствами коммутативности и ассоциативности [4], то есть $T(x,y)=T(y,x)$ и $T(T(x,y),z)=T(x,T(y,z))$, а также $S(x,y)=S(y,x)$ и $S(S(x,y),z)=S(x,S(y,z))$. Эти свойства позволяют определить норму и конорму относительно произвольного числа аргументов как последовательное взятие нормы и конормы соответственно относительно нового аргумента и результата предыдущей итерации, не

беря в учёт порядок взятия этих операций. Формально норму и конорму относительно произвольного (больше двух) числа элементов удобно задать, как:

$$\begin{cases} T(x_1, x_2, ..., x_m) = \begin{cases} T(x_1, x_2), m = 2, \\ T(x_m S(x_1, x_2, ..., x_{m-1})), m > 2; \end{cases} \forall m \geq 2, x_i \in [0,1], i = \overline{1, m}, \\ S(x_1, x_2, ..., x_m) = \begin{cases} S(x_1, x_2), m = 2, \\ S(x_m S(x_1, x_2, ..., x_{m-1})), m > 2; \end{cases} \forall m \geq 2, x_i \in [0,1], i = \overline{1, m}. \end{cases}$$

Объединив правила $H_1^{'} - H_4^{'}$ получаем:

$$\begin{cases} Если\, \mu_l(n) = S(H_1^{'} - H_3^{'}), mon \in C, \\ Если\, \mu_l(n) = S(H_2^{'} - H_4^{'}), mon \notin C. \end{cases} \quad (8)$$

Одно из правил (8), в котором $\mu_l(n)$ принимает наибольшее значение, является правилом, определяющим принадлежность пикселя контуру.

Заключение

Построенная ЛЛМ объединяет в себе этапы двойной пороговой фильтрации и трассировку области неоднозначности, а также позволяет автоматизировать процесс обработки размытых изображений с помощью контурного анализа без применения при этом фиксированных значений верхнего и нижнего порогов. Вместе с тем, полученная неопределённость позволяет подстраивать модель под анализ и построение контуров на изображениях различного качества.

На основе дальнейших экспериментов целесообразно обучить модель, выбрав такой вид многочленов, например представив *f(x)* и *g(x)* в виде линейных функций:

$$\begin{cases} f(x) = ax + b, a < 0, b > 0; \\ g(x) = cx + d, c > 0. \end{cases}$$

а также чисел, норм, конорм и операции отрицания, которые позволили бы без увеличения вычислительных затрат максимизировать процент нахождения истинных границ сосредоточенных и площадных объектов на изображении, при этом снизив количество искажений и ложных контуров.

Список литературы

1. Dubois, D. A review of fuzzy set aggregation connectives / D. Dubois, H. Prade. // Information Sciences, 36(1-2) – 1985. – P. 85–121.

2. Лакомов, Д. В. Информационная технология обработки графических изображений при управлении системами

жизнеобеспечения города / Лакомов Д. В., Маамари Г. Аль // Управление большими системами: сб. материалов XVI всероссийской школы-конференции молодых учёных. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ». – 2019. – С 378-382

3. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и её приближение к принятию приближённых решений / Л.Заде. – М:МИР, 1973. – 167 с.

4. Батыршин, И. З. Основные операции нечёткой логики / И. З. Батыршин. – Казань: Отечество, 2001. – 100 с.

Оценочные критерии эффективности трансфера научно-образовательных ресурсов в экономику регионов

В. И. Меденников[1], E-mail: dommed@mail.ru,
А. Н. Райков[2], E-mail: anraikov@mail.ru

[1] ВЦ им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН,
[2] ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН

Аннотация. *Рассмотрены существующие методические подходы и предложена методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов в интернет-пространстве в условиях перехода к цифровой экономике. Сформулированы оценочные критерии эффективности трансфера научно-образовательных ресурсов в экономику регионов.*

Ключевые слова: *научно-образовательные ресурсы, методика оценки, эффективность, цифровая экономика.*

Введение

Хаотичное, неуправляемое развитие информатизации и интернет-технологий в России, когда каждое предприятие, в том числе ВУЗы, создают свои сайты, исходя из предпочтений и взглядов разработчиков, зачастую не интегрированных друг с другом, делает процесс их внедрения более длительным и приводит к значительному перерасходу ресурсов, снижению качества образования. Цифровая же трансформация экономики требует, во-первых, интеграции как информационных ресурсов (ИР), так и информационных систем (ИС), и, во-вторых, явно более четкой ориентации образовательных услуг на динамически сегментированные потребности социума и глобального рынка. Это достигается путем формирования стандартов на представление ИР, функции управления, а также путем комплексного подхода к проектированию, разработке и внедрению ИС.

Цифровизация образования, как и всей экономической жизни страны нуждается в теоретическом осмыслении данного процесса, обобщении достигнутых результатов с целью выработки принципиально новых подходов к использованию открывшихся возможностей. Это необходимо, чтобы не скатиться к цифровизации ВУЗов на основе устаревших технологий, следуя словам Уинстона Черчилля «Генералы всегда начинают войну старыми методами».

© Меденников В. И., Райков А. Н, 2020

Одним из перспективных направлений цифровизации ВУЗов, НИИ является формирование единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов (ЕИИПНОР), которое будет востребованным как в процессе поддержания научных исследований, в повышении эффективности образования на всех уровнях, так и в трансфере научно-образовательных ресурсов в экономику, путем обеспечения доступа к данным ресурсам кроме студентов и преподавателей, как это осуществляется сейчас, также будущим абитуриентам и работодателям, госорганам, товаропроизводителям, научным работникам, управленцам, населению. Такое пространство должно стать инструментом разрешения противоречия между объемами накапливаемых знаний и возможностью их эффективного использования. При этом система образования должна быть гибкой и учитывать долгосрочные потребности реальной экономики [1].

Исходя из вышеизложенного, актуальной является разработка методики оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов (ИНОР) ВУЗов в интернет-пространстве, в том числе, влияния их на экономику страны, учитывающей как требования, предъявляемые к информационному наполнению сайтов образовательных учреждений Минобрнауки, Рособрнадзором, так и востребованность их в экономике, влияние на качество подготовки квалификационных специалистов и ученых в образовательных учреждениях, оценку сайтов методами сайтометрии (webometrics), отражающих имидж и репутацию ВУЗа, а также современные тенденции предоставления информационных услуг ВУЗами в Интернет-пространстве в виде электронных бирж труда (ЭБТ) и торговых площадок (ЭТП).

1. Вербальное описание методики оценки эффективности

Разработка методики оценки эффективности использования ИНОР в интернет-пространстве осуществлена на примере сельскохозяйственных ВУЗов, для чего был проведен мониторинг и анализ их сайтов, где использовалась разработанная оригинальная анкета. В соответствующей анкете [2] отражены 214 показателей деятельности ВУЗов (122 показателя оценивают представительство самого ВУЗа, 40 показателей для факультета, 46 показателей для оценки кафедр и 6 показателей для общей оценки сайта). Исходя из анализа сайтов российских ВУЗов и НИИ, информационно-консультационной службы (ИКС) в сельском хозяйстве, ИНОР включает следующие виды: разработки, публикации, нормативно-правовую информацию, пакеты прикладных программ, базы данных (БД), консультантов, курсы

дистанционного обучения. Анкетирование товаропроизводителей в 22 регионах показал, что именно эти виды информации наиболее востребованы в экономике [3].

Стандартизация представления ИНОР заключается в хранении контента сайтов в СУБД либо в виде каталога, либо в виде полноформатного представления (форма хранения ИР); с другой стороны, либо в виде неупорядоченного списка, либо в виде упорядоченного представления с возможностью навигации по тематической рубрикации ГРНТИ, авторам, организациям, ключевым словам и т.д. (уровень интеграции ИР). Данная стандартизация позволяет, особенно, при переходе организаций к типовым сайтам, разработать независимую, малозатратную, автоматизированную методику оценки деятельности ВУЗов. Данные оценки, в частности, отражают готовность ВУЗов к инновационному и технологическому развитию регионов.

Интегральный критерий оценки эффективности использования ИНОР конкретного ВУЗа определяется как сумма взвешенных групп, общая сумма весов которых равна 1, следующих частных критериев: оценки видов ИНОР, оценки эффективности использования ИР методами сайтометрии, оценки эффективности использования ИР по состоянию электронной торговой площадки, оценки эффективности использования ИР по состоянию электронной биржи труда, оценки ИР из требований Минобрнауки, Рособрнадзора (вторичные ИР).

Значения весов показателей критериев оценки эффективности использования ИР определены на основе экспертных оценок, полученных путем анализа различных статей специалистов в области образования, методик расчета различных рейтингов образовательных учреждений, анкетирования преподавателей РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, а также применением соответствующих статистических методов [4, 5, 6].

При этом под эффективностью, с точки зрения методов исследования операций [7], понимается результативность в достижении целей:

- доступность ИНОР для широкого круга пользователей;
- разнообразие форм и качества ИНОР;
- полнота, оперативность и достоверность получаемой информации;
- комфортность и простота получения информации;
- минимизация затрат на проектирование, разработку и сопровождение информационных систем.

2. Математическое описание методики

i – код уровня интеграции ИНОР, $i \in I$;

l – код формы хранения ИНОР, $l \in L$;

n – код вида ИНОР, $n \in N$;

m – номер образовательного учреждения, $m \in M$;

h – код вида представления вторичных ИР, $h \in H$;

P_j^m – частный критерий оценки эффективности использования ИР m-го ВУЗа по j-му показателю, $j \in J$;

P^m – интегральный критерий оценки эффективности использования ИР m-го ВУЗа;

α_i^1 – вес значения показателя уровня интеграции ИНОР;

α_l^2 – вес значения показателя l-й формы хранения ИНОР;

α_n^3 – вес значения показателя n–го вида представления ИНОР;

β_j – вес значения критерия оценки эффективности использования ИР по j- му показателю;

$v_{i\ln 0}^m$ – объем ИНОР i-го уровня интеграции, l-ой формы хранения, n–го вида представления на уровне m-го ВУЗа;

$vf_{i\ln f}^m$ – объем ИНОР i-го уровня интеграции, l-ой формы хранения, n–го вида представления на уровне f-го факультета m-го ВУЗа;

$vk_{i\ln k}^m$ – объем ИНОР i-го уровня интеграции, l-ой формы хранения, n-го вида представления на уровне k-й кафедры m-го ВУЗа;

$\lambda_{i\ln}^m$ – значение критерия оценки ИНОР i-го уровня интеграции, l-ой формы хранения, n–го вида представления m-го ВУЗа;

$$\lambda_{i\ln}^m = \left(v_{i\ln 0}^m + \sum_f vf_{i\ln f}^m + \sum_k vk_{i\ln k}^m \right) / \max_m \left(v_{i\ln 0}^m + \sum_f vf_{i\ln f}^m + \sum_k vk_{i\ln k}^m \right);$$

d_{rm}^2 – объем r-го показателя оценки сайта методами сайтометрии в m-ом ВУЗе, $r \in R$;

q_{rm}^2 – значение r-го показателя критерия оценки сайта методами сайтометрии в m-ом ВУЗе;

ω_r^2 – вес значения r-го показателя критерия оценки сайта методами сайтометрии;

$q^2_{rm} = d^2_{rm} / \max_m d^2_{rm}$;

d^3_{sm} – значение *s*-го показателя критерия оценки сайта по состоянию ЭТП [2] в *m*-ом ВУЗе;

ω^3_s – вес значения *s*-го показателя критерия оценки сайта по состоянию ЭТП;

d^4_{gm} – значение *g*-го показателя критерия оценки сайта по состоянию ЭБТ [2] в *m*-ом ВУЗе;

ω^4_g – вес значения *g*-го показателя критерия оценки сайта по состоянию ЭБТ, $g \in G$;

d^5_{hm} – объем *h*-го показателя оценки эффективности использования вторичных ИР в *m*-ом образовательном учреждении, $k \in K$;

q^5_{hm} – значение *h*-го показателя критерия оценки эффективности использования вторичных ИР в *m*-ом образовательном учреждении;

ω^5_{hm} – вес значения *h*-го показателя критерия оценки эффективности использования вторичных ИР в *m*-ом образовательном учреждении, $k \in K$;

$q^5_{hm} = d^5_{hm} / \max_m d^5_{hm}$;

Тогда: $P = \sum_j \beta_j \cdot P^m_j$, где $P^m_1 = \sum_{i,l,n} \lambda^m_{i\ln} \alpha^1_i \alpha^2_l \alpha^3_n$, $P^m_2 = \sum_k \omega^2_k q^2_{km}$,

$$P^m_3 = \sum_s \omega^3_s d^3_{gm}, \quad P^m_4 = \sum_g \omega^4_g d^4_{gm}, \quad P^m_5 = \sum_h \omega^5_h q^5_{hm}. \qquad (1)$$

Подробное описание всех параметров методики можно найти в работе [8].

3. Результаты расчетов

Исследования показали, что в целом полнота сайтов ещё очень далека от оптимальной, в среднем на сайтах присутствует чуть более половины (55,4%) всей необходимой информации. Полнота показателей, отражающих научно-исследовательскую деятельность, составляет всего 18,3%, что подтверждает предположение, что в требованиях, предъявляемых к сайтам ВУЗов Минобрнауки, Рособрнадзором существует недооценка научной деятельности ВУЗов.

Интегральные оценки (таб. 1) эффективности использования ИНОР (максимально возможная оценка согласно методике равно единице)

даже лучших ВУЗов не превышают 40% (Кубанский ГАУ – 39,15%, Орловский ГАУ – 38.23%, РГАУ–МСХА – 32.58%, Красноярский ГАУ – 30.89).

Таблица 1

Интегральные оценки (%) эффективности использования региональных ИНОР и рейтинги сельскохозяйственных ВУЗов

Наименование ВУЗа	Оценка	Рейтинг	Наименование ВУЗа	Оценка	Рейтинг
Кубанский ГАУ	39.15	1	Бурятская ГСХА	22.58	28
Орловский ГАУ	38.23	2	Алтайский ГАУ	22.20	29
РГАУ–МСХА	32.58	3	Ивановская ГСХА	21.30	30
Красноярский ГАУ	30.89	4	Курская ГСХА	21.09	31
Новосибирский ГАУ	30.44	5	Курганская ГСХА	21.01	32
Кемеровский ГАУ	30.34	6	ГУЗ	20.84	33
Орловский ГАУ	38.23	2	Алтайский ГАУ	22.20	29
Брянский ГАУ	29.45	7	Ижевская ГСХА	20.57	34
Белгородский ГАУ	29.44	8	Приморская ГСХА	20.39	35
Казанский ГАУ	28.29	9	Самарская ГСХА	19.75	36
Саратовский ГАУ	27.49	10	Оренбургский ГАУ	19.69	37
Московская ГАВМиБ	26.41	11	Ярославская ГСХА	19.69	38
Пензенская ГСХА	26.30	12	Воронежский ГАУ	19.04	39
Волгоградский ГАУ	26.12	13	Рязанский ГАТУ	19.03	40
Башкирский ГАУ	25.66	14	Дальневосточный ГАУ	18.95	41
Санкт-Петербургский ГАУ	25.06	15	Иркутский ГАУ	18.92	42
Вятский ГАУ	24.63	16	Казанская ГАВМ	18.80	43
Омский ГАУ	24.59	17	Санкт-Петербургская ГАВМ	18.50	44
Вологодская ГМХА	24.39	18	Южно-Уральский ГАУ	18.46	45

Таблица 2*О*

кончание таблицы 1

Донской ГАУ	24.29	19	Кабардино-Балкарский ГАУ	17.78	46
Мичуринский ГАУ	24.22	20	Якутская ГСХА	17.08	47
Ставропольский ГАУ	24.21	21	Костромская ГСХА	16.86	48
Уральский ГАУ	23.83	22	ГАУ Северного Зауралья	16.69	49
Великолукская ГСХА	23.71	23	Горский ГАУ	15.78	50
Нижегородская ГСХА	23.36	24	Российский ГАЗУ	15.49	51
Чувашская ГСХА	23.29	25	Смоленская ГСХА	15.33	52
Ульяновская ГСХА	23.17	26	Дагестанский ГАУ	12.68	53
Пермская ГСХА	22.89	27	Тверская ГСХА	5.62	54

4. Оценка влияния ИНОР ВУЗов на социально-экономическое положение регионов

В таб. 2 приведены пять региональных рейтингов, отражающих социально-экономическое положение регионов, для сравнения с полученными рейтингами ВУЗов.

Таблица 3

Региональные рейтинги

№ п/п	Название регионального рейтинга
1	Рейтинг социально-экономического развития
2	Рейтинг субсидирования регионов Минсельхозом
3	Рейтинг эффективности сельхозпроизводства в регионах
4	Рейтинг эффективности губернаторов регионов
5	Рейтинг развития науки в регионах

В таб. 3 приведены указанные региональные рейтинги (номера от 1 до 5) и рейтинги ВУЗов (под номером 6).

Таблица 4

Сводная таблица рейтингов

ВУЗ	1	2	3	4	5	6	ВУЗ	1	2	3	4	5	6

Таблица 5*П*

родолжение таблицы 3

Алтайский ГАУ	28	6	10	39	29	25	Пермская ГСХА	43	32	20	44	3	23
Дальневосточный ГАУ	3	36	11	23	23	36	Приморская ГСХА	21	41	35	10	17	30
Белгородский ГАУ	10	1	9	1	35	7	Великолукская ГСХА	27	19	45	15	44	19
Брянский ГАУ	35	2	34	17	36	6	Башкирский ГАУ	6	11	8	8	16	11
Волгоградский ГАУ	40	20	27	5	26	10	Бурятская ГСХА	16	43	37	21	37	24
Вологодская ГМХА	42	40	38	27	41	14	Дагестанский ГАУ	15	28	40	6	45	45
Воронежский ГАУ	22	4	5	7	10	34	Якутская ГСХА	12	42	18	16	25	40
Ивановская ГСХА	26	44	41	18	32	26	Горский ГАУ	39	45	43	42	43	43
Иркутский ГАУ	14	33	33	42	20	37	Донской ГАУ	31	8	13	11	21	15
Кабардино-Балкарский ГАУ	33	30	31	30	31	39	Рязанский ГАТУ	5	14	2	28	11	35
Кемеровский ГАУ	1	38	7	3	42	5	Самарская ГСХА	18	29	29	14	4	31
Вятский ГАУ	46	25	24	36	27	12	Саратовский ГАУ	24	12	28	13	22	8
Костромская ГСХА	36	46	44	24	46	41	Уральский ГАУ	2	21	25	25	6	18
Кубанский ГАУ	38	3	4	4	30	1	Смоленская ГСХА	25	31	42	34	39	44
Красноярский ГАУ	13	24	3	36	2	3	Ставропольский ГАУ	37	7	15	21	34	17
Курганская ГСХА	41	34	19	39	38	28	Мичуринский ГАУ	23	10	16	30	28	16
Курская ГСХА	29	5	22	30	9	27	Тверская ГСХА	32	22	46	44	14	46
Нижегородская ГСХА	17	26	14	20	1	20	ГАУ Северного Зауралья	30	39	1	2	19	42

Таблица 6*О*

кончание таблицы 3

Новосибирский ГАУ	45	13	6	30	13	4	Ижевская ГСХА	4	23	17	41	24	29
Омский ГАУ	19	15	21	39	18	13	Ульяновская ГСХА	34	35	26	34	15	22
Оренбургский ГАУ	44	16	23	12	33	32	Южно-Уральский ГАУ	9	9	39	8	7	38
Орловский ГАУ	8	17	36	33	40	2	Чувашская ГСХА	11	37	12	19	12	21
Пензенская ГСХА	7	18	30	25	8	9	Ярославская ГСХА	20	27	32	46	5	33

Из исследований сравнения рейтингов исключены 8 ВУЗов, представляющих Москву, Санкт-Петербург и Республику Татарстан, так как эти регионы в рейтингах ВУЗов представлены несколькими ВУЗами, рейтинги которых сильно отличаются друг от друга, и потому нет возможности корректно вычислить рейтинг этих регионов.

Для установления связи между приведёнными выше рейтингами используем два наиболее известных метода. Первый относится к расчету попарных связей между рангами или коэффициентов корреляции Спирмена [9], которые рассчитываются по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$, где d – разность двух рангов, n – число их пар (2)

Матрица рассчитанных попарных коэффициентов корреляции Спирмена региональных рейтингов представлена ниже в таб. 4.

Таблица 7

Матрица коэффициентов корреляции Спирмена

Рейтинги	1	2	3	4	5	6
1	-	<0.001	0.17	0.17	0.25	-0.005
2	-	-	0.35*	0.18	0.19	0.44**
3	-	-	-	0.22	0.36*	0.35*
4	-	-	-	-	0.15	0.17
5	-	-	-	-	-	0.02
6	-	-	-	-	-	-

Примечание. В таблице выше знаком «*» помечены значения, которые статистически значимы с вероятностью <5%, знаком «**» – с

вероятностью <1%. Значения остальных коэффициентов статистически значимы с вероятностью >5%.

Как видно, только для четырех пар значения коэффициентов достаточно велики (умеренная связь) и статистически значимы с вероятностью <5%. Только для пар рейтингов субсидирования регионов и рейтингов ВУЗов, рейтингов эффективности сельхозпроизводства в регионах и рейтингов ВУЗов значения коэффициента корреляции Спирмена указывают на умеренную связь и статистически значимы с вероятностью <1%.

Второй метод – вычисление т.н. коэффициента конкордации Кендалла [9]. Данный коэффициент характеризует степень близости ранжирований.

Рассчитанная величина коэффициента конкордации Кендалла $W = 0.32$ говорит о наличии слабой степени согласованности рейтингов, представленных в списке.

Таким образом, региональные рейтинги слабо (однако статистически значимо на уровне $\alpha = 0.05$) связаны друг с другом. Исключение составляют пары рейтингов по субсидированию регионов и эффективности сельскохозяйственного производства с рейтингами сельскохозяйственных ВУЗов. Это, впрочем, следовало ожидать, так как из всех рейтингов только два указанных рейтинга имеют непосредственное отношение к сельскому хозяйству.

Для стимулирования совершенствования трансфера научных знаний в экономику в дальнейшем необходимо включить в методику оценки результатов научно-образовательной деятельности показатель, отражающий взаимосвязь полученного выше рейтинга регионального ВУЗа и ряда региональных рейтингов, характеризующих их социально-экономическое положение.

Теперь для оценки эффективности трансфера научно-образовательных ресурсов в экономику регионов в обобщенную оценку результатов научной деятельности m-го ВУЗа, находящегося в t – ом регионе P_0^{tm} включим соответствующий критерий с некоторым весом, который определим следующим образом $P_0^{tm} = d_1 P^{tm} + d_2 (\sum_{k=1}^{V} v_k^t)/V$, где v_k^t – k – ый региональный рейтинг (в %) в t – ом регионе, P^{tm} – интегральный рейтинг m-го ВУЗа, находящегося в t – ом регионе, V – количество региональных рейтингов, d_1 и d_2 положительные числа, отражающие веса слагаемых, $d_1 + d_2 = 1$.

Заключение

Сформулировали необходимые условия для разработки методики оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов ВУЗов. Проведено онтологическое моделирование этих ресурсов, на основании чего разработана методика и осуществлена оценка эффективности использования ИНОР на примере сельскохозяйственных ВУЗов. На основании этих оценок проведено их рейтингование.

Представлен дополнительный критерий для оценки эффективности трансфера научно-образовательных ресурсов в экономику регионов в условиях перехода к цифровой экономике.

Список литературы

1. Raikov A. Strategic analysis of the long-term future needs of educational services / A. Raikov // Proc. 3rd World conference on smart trends in systems, security and sustainability (WorldS4 2019). 30th – 31st July 2019, Roding Building, London Metropolitan University, London, UK. IEEE. 29-36, 2019. doi: 10.1109/WorldS4.2019.8903983.
2. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов: / В. И. Меденников [и др.] – М.: Аналитик, 2017. – 250 с.
3. Анализ эффективности информационно-консультационной службы (ИКС): / В. И. Меденников [и др.] – М.: Научные труды ВИАПИ, выпуск 7, 2002. – 127 с.
4. Использование информационных ресурсов науки и образования для повышения эффективности реализации новых форм обучения [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа : http://pedsovet.su/publ/164-1-0-1048
5. Когнитивная модель новой системы управления качеством образования вуза в целом / Г. В. Сироткин. [и др.] // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – №29. – С. 53-58.
6. Системный анализ факторов качества образования в вузе / Г. В. Сироткин. [и др.] // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – №2 (22). – С. 109-118.
7. Поспелов, Г. С. Программно-целевое планирование и управление / Г. С. Поспелов, В. А. Ириков. – М. : Советское радио, 1976. – 440 с.
8. Меденников, В. И. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В. И. Меденников, С. Г. Сальников // Информатика и образование. – 2017. – № 10. С. 45-53.

9. Меденников, В. И. Анализ влияния научно-образовательных ресурсов на социально-экономическое положение регионов / В. И. Меденников, С. Г. Сальников, М. И. Горбачев // Информатизация образования и науки. – 2018. – № 1(37). С. 154-171.

Модель конвергенции в цифровой экономике

В. Ф. Минаков, email: m-m-m-m-m@mail.ru [1]
Т. Е. Минакова, email: t.e.minakova@mail.ru [2]
О. Ю. Шепелёва, email: shepeleva-olga@list.ru [1]

[1] Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[2] Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. *В работе обобщаются закономерности интеграции, агрегирования средствами цифровых технологий, методов и моделей сближения участников социально-экономических процессов. Установлено, что эволюция цифровых процессов в бизнесе обеспечивает согласование интересов виртуальными цифровыми средствами. Показано, что результатом конвергентных процессов на основе информационно-коммуникационных систем и технологий является экономический рост.*

Ключевые слова: *цифровая конвергенция, информационные системы, эффективность, бизнес, цифровая трансформация, межотраслевой баланс.*

Введение

Современный этап развития и использования информационных систем и технологий характеризуется не только беспрецедентной глубиной их проникновения в экономические процессы, но и радикальным изменением экономической деятельности под их влиянием [2]. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), во-первых, стали фактором производства. Во-вторых, они кардинально трансформировали инфраструктуру экономических систем: к реальным ресурсам добавились виртуальные. В-третьих, они трансформировали социальные процессы. В результате ключевыми чертами поколений населения «Y» (сетевого) и «Z» (цифрового) стали признаки принадлежности к ИКТ ресурсам: соответственно сетевым и цифровым. Актуальной в этой связи является проблема формализованного представления результатов производства товаров и услуг по видам деятельности с учетом роли и места цифровых ресурсов в экономических процессах, характера и степени их влияния на воспроизводство и деловую активность.

© Минаков В. Ф., Шепелёва О. Ю., Минакова Т. Е., 2020

1. Цифровая конвергенция в экономике

Эволюция экономических систем в условиях цифровой трансформации претерпела ряд этапов своего развития. Каждый из них можно охарактеризовать следующими признаками. Первый этап связан с началом и расширением применения информационных систем как инструментальных средств экономики, обладающих повышенной точностью и высокой производительностью. Второй – с автоматизацией операций в бизнес-процессах. Третий – с автоматическими сервисами (банкоматами, платежными системы и. п.). Четвертый – с обменом данными и документами для управления бизнес-процессами, включая ERP-решения. Пятый – с интеграцией стейкхолдеров в логистических связях и цепочках создания добавленной стоимости. Шестой – с глобализацией экономических процессов. Седьмой – с агрегированием экономических процессов. Восьмой с конвергенцией NBICS-типа. Девятый – с вытеснение неэффективных уходящих видов деятельности и замещением их цифровыми системами. Десятый – с реструктуризацией рынков. В результате сформировался новый технологический уклад [7].

Для индустриального и постиндустриального технологических укладов [8] характерны равновесные параметры a_{ij} уравнений межотраслевого баланса, сохраняющие свои значения достаточно длительное время. Уравнения баланса имеют вид:

$$\begin{aligned}
X_1 &= a_{11} \cdot X_1 + a_{12} \cdot X_2 + ... + a_{1j} \cdot X_j + a_{1m} \cdot X_m + Y_1, \\
X_2 &= a_{21} \cdot X_1 + a_{22} \cdot X_2 + ... + a_{2j} \cdot X_j + a_{2m} \cdot X_m + Y_2, \\
&\cdots\cdots \\
X_i &= a_{i1} \cdot X_1 + a_{i2} \cdot X_2 + ... + a_{ij} \cdot X_j + a_{im} \cdot X_m + Y_i, \\
&\cdots\cdots \\
X_m &= a_{m1} \cdot X_1 + a_{m2} \cdot X_2 + ... + a_{mj} \cdot X_{mj} + a_{mm} \cdot X_m + Y_m,
\end{aligned} \tag{1}$$

где X_i – валовой объем выпуска продукции i –й сферы экономической деятельности;

a_{ij} – долевой объем выпуска продукции, распределяемой j –й отрасли от предприятий i –й;

Y_i – размер конечного потребления;

m – количество отраслей в балансовой системе.

Параметры уравнений межотраслевого баланса формируются, во-первых, под влиянием адаптивных факторов рыночного равновесия и

обеспечения устойчивости смежных отраслей, во-вторых, в силу кластеризации поведенческих кластеров экономически активного населения [9].

Однако, цифровые конвергентные процессы создают своими потоками информации и знаний дополнительные условия для взаимодействия стейкхолдеров, а соответственно, приводят к росту объемов спроса на продукцию смежных видов деятельности [4]. Виртуализация деятельности субъектов экономики создает новые конвергентные системные связи [5]. Для ее реализации используются Web–сервисы, информационные системы взаимодействия с поставщиками (SRM), с потребителями (CRM), средствами планирования ресурсов предприятий (ERP), а также множества других частных предметно-ориентированных информационных систем [1]. Опыт эксплуатации таких систем показал повышение эффективности и конкурентоспособности предприятий, их объединений и процессов кооперации [3].

Формируются взаимодействия хозяйствующих субъектов, число которых отражается статистически определяемым коэффициентом преобразования информационных взаимодействий в реальные отношения субъектов экономики $k_{vr} = R / V$. Здесь R – число реальных процессов, возникающих в результате V виртуальных операций, например, использования Web–сервисов, посещений сайтов и т. п. Можно выделить два класса конвергентных процессов перехода от виртуальных действий к реальным контрагентским отношениям по степени детерминированности. К первому из них можно отнести стохастические конверсионные процессы, формируемые хаотичным посещением и использованием цифровых сервисов. Ко второму классу – детерминированные, предопределяемые целеполаганием и задачами стейкхолдеров. Например, поиски и заказы товаров и услуг, необходимых пользователю виртуальными ресурсами, порождают виртуальные процессы: заключение договора, оплату электронными способами.

Важно заметить, что детерминированные процессы конверсии виртуального и реального часто носят встречный характер, который по своей сущности является конвергенцией. Так, система турникетов метро, используемая пассажирами, при оплате проезда владельцами банковских карт обеспечивает электронные транзакции, а следовательно, порождает предоставление транспортных услуг.

2. Модель цифровой конвергенции в межотраслевом балансе

Отметим, что рост ВВП России за счет объема производства отрасли информационно-коммуникационных технологий и связи (в $6000000000) не адекватен тренду насыщения названного объема дохода отрасли. Следовательно, цифровые технологии обеспечивают синергетические эффекты в экономике, обусловленные конвергентными процессами. В качестве интегрального показателя конвергенции виртуального и реального в экономике выступает рост коэффициентов межотраслевого баланса на величину коэффициента конверсии $k_{vr} = R / V$.

В это связи представляется возможным отражение конверсии виртуального в реальное в экономике системными связями взаимодействия предприятий в производственных процессах. Следовательно, уравнения межотраслевого баланса можно выразить, используя конверсионные коэффициенты:

$$
\begin{aligned}
X_1 &= a_{11} \cdot k_{vr11} \cdot X_1 + a_{12} \cdot k_{vr12} \cdot X_2 + \ldots + a_{1j} \cdot k_{vr_{1j}} \cdot X_j + a_{1m} \cdot k_{vr1m} \cdot X_m + \\
X_2 &= a_{21} \cdot k_{vr21} \cdot X_1 + a_{22} \cdot k_{vr22} \cdot X_2 + \ldots + a_{2j} \cdot k_{vr2j} \cdot X_j + a_{2m} \cdot k_{vr2m} \cdot X_m \cdot \\
&\ldots\ldots \\
X_i &= a_{i1} \cdot k_{vri1} \cdot X_1 + a_{i2} \cdot k_{vrv2} \cdot X_2 + \ldots + a_{ij} \cdot k_{vrij} \cdot X_j + a_{im} \cdot k_{vrij} \cdot X_m + Y \\
&\ldots\ldots \\
X_v &= a_{v1} \cdot k_{vrv1} \cdot X_1 + a_{v2} \cdot k_{vrv2} \cdot X_2 + \ldots + a_{vj} \cdot k_{vr} \cdot X_j + a_{vm} \cdot k_{vr} \cdot X_m + Y \\
&\ldots\ldots \\
X_m &= a_{m1} \cdot k_{vrm1} \cdot X_1 + a_{m2} \cdot k_{vrm2} \cdot X_2 + \ldots + a_{mj} \cdot k_{vrmj} \cdot X_{mj} + a_{mm} \cdot k_{vrmm} \cdot
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

Фактором конверсионных процессов является информация, доступность к которой приводит к идентификации соответствия предложения, размещенного в Интернете, текущим потребностям субъекта экономики.

Кроме того, в условиях неопределенности субъектам экономики требуется знание о потенциальном исходе событий для принятия решений (например, о приобретении товара или услуги, о согласованности интересов с потенциальным контрагентом, об эффективности решения), В таких ситуациях информационные процессы для пользователя цифровыми ресурсами приобретают характер извлечения знания, например, предсказательного характера [6]. Тогда результатом анализа данных является знание в форме вывода о целесообразности, например, взаимодействия с конкретным

контрагентом. Такое знание порождает новый экономический процесс. Следовательно, возникает синергия результатов в экономической системе, кратная $k_{zr} = R_z / V$. Тогда модель межотраслевого баланса цифровой экономики может быть выражения с учетом результирующего коэффициента синергии $k_{vrz} = k_{vr} \cdot k_{zr}$:

$$
\begin{aligned}
X_1 &= a_{11} \cdot k_{vrz11} \cdot X_1 + a_{12} \cdot k_{vrz12} \cdot X_2 + \ldots + a_{1j} \cdot k_{vrz_{1j}} \cdot X_j + a_{1m} \cdot k_{vrz1m} \cdot X_m \\
X_2 &= a_{21} \cdot k_{vrz21} \cdot X_1 + a_{22} \cdot k_{vrz22} \cdot X_2 + \ldots + a_{2j} \cdot k_{vrz2j} \cdot X_j + a_{2m} \cdot k_{vrz2m} \cdot X \\
&\ldots\ldots \\
X_i &= a_{i1} \cdot k_{vrzi1} \cdot X_1 + a_{i2} \cdot k_{vrzv2} \cdot X_2 + \ldots + a_{ij} \cdot k_{vrzij} \cdot X_j + a_{im} \cdot k_{vrzij} \cdot X_m + \\
&\ldots\ldots \\
X_v &= a_{v1} \cdot k_{vrzv1} \cdot X_1 + a_{v2} \cdot k_{vrzv2} \cdot X_2 + \ldots + a_{vj} \cdot k_{vrvj} \cdot X_j + a_{vm} \cdot k_{vrzvm} \cdot X_n \\
&\ldots\ldots \\
X_m &= a_{m1} \cdot k_{vrzm1} \cdot X_1 + a_{m2} \cdot k_{vrzm2} \cdot X_2 + \ldots + a_{mj} \cdot k_{vrzmj} \cdot X_{mj} + a_{mm} \cdot k_{vrzmm}
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

Очевидно, что цифровые технологии виртуализации в отношениях контрагентов порождают и реинжиниринг бизнес–моделей, спецификой которых является генерирование денежного потока путем запуска бизнес-процессов в виртуальном пространстве [8]. Так функционируют, например, интернет–агрегаторы, Яндекс–Деньги, Яндекс-такси и т.п. [2].

Заключение

Разработана экономико-математическая модель, выражающая закономерность конвергентных и конверсионных информационно-коммуникационных и системных экономических процессов в цифровой экономике. Модельное представление выполнено в форме межотраслевого баланса с учетом синергетического эффекта, порождаемого конверсией информации виртуальных ресурсов в операции, работы, взаимодействия, а также конвергенцией стейкхолдеров в результате извлечения знаний о согласованности их интересов. Модель применима для решения задач инвестиционного планирования, управления ресурсами предприятий и их объединений, мезо- и макроэкономических систем в условиях цифровой трансформации.

Список литературы

1. Аванесов, Г. М. Управление жизненным циклом информационных систем / Г. М. Аванесов, Л. В. Путькина – СПб: СПбГЭУ, 2014. – 97 с.

2. Горбунов, А. А. Виртуальная предпринимательская структура: новый подход в системе управления / А. А. Горбунов, Л. В. Путькина // Мир экономики и права. – 2011. – № 5. – С. 13-18.

3. Структурно-инвестиционная политика в целях модернизации экономики России / В. В. Ивантер [и др.] // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 4 (163). – С. 3-16.

4. Путькина, Л. В. Динамика концепции развития предпринимательских структур // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2-3 (33). – С. 79-80.

5. Путькина, Л. В. Особенности инновационных предпринимательских структур // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2-3 (33). – С. 80-82.

6. Путькина, Л. В. Особенности использования дистанционных технологий в образовательном процессе гуманитарного университета // В сборнике: Дистанционное обучение в высшем профессиональном образовании: опыт, проблемы и перспективы развития IX Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – СПб.: Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов, 2016. – С. 31-35/

7. Borisov, V. N. Improving the factor efficiency of machinery in the regions of the Russian Federation / V. N. Borisov, D. B. Kuvalin, O. V. Pochukaeva // Studies on Russian Economic Development. – 2018. Т. 29. – № 4. – С. 377-386.

8. Spatio-dynamic modelling of environmental safety of the Russian Federation regions / V. V. Glinskiy // Procedia Manufacturing / 2017. – Т. 8. – С. 315-322.

9. Sources of high-tech business financing: experience of empirical research / N. A. Kravchenko [и др.] // Academy of Accounting and Financial Studies Journal. – 2017. – Т. 21. № 3. – С. 12–14.

Применение нечеткого агрегирования в задаче распределения ресурсов

В. В. Нижневский, email: vadim-nizhnevskiy@ya.ru
М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе предлагается метод использования нечеткого агрегирования в задаче распределения ресурсов.*

Ключевые слова: *задача распределения ресурсов, транспортная задача, агрегирование, нечеткие множества.*

Введение

В настоящее время крупные производственные компании постоянно нуждаются в своевременном получении ресурсов: сырья, материалов, услуг. В условиях их ограниченности и разнородности встает задача выбора оптимальных поставщиков и объемов закупки между предлагаемыми вариантами поставок. С другой стороны, поставщики ресурсов также заинтересованы в максимизации своей прибыли, поэтому имеют свои предпочтения при выборе покупателей. Предпочтения обеих сторон могут выражаться как четкими числовыми значениями, так и иметь нечетких характер, то есть выражаться в виде нечетких множеств. В связи с этим в данной работе предлагается нечеткий подход к решению задачи распределения ресурсов.

1. Постановка задачи

На рынке есть N покупателей, M продавцов. Покупатели желают получить, а продавцы предлагают некоторый товар, характеризующийся вектором параметров размерности K. У каждого покупателя и продавца есть требования к каждому параметру товара, в общем случае заданные нечетким множеством с функцией принадлежности μ_k. Однако, как покупатели, так и продавцы могут иметь четкое числовое значение, характеризующее требования к некоторому параметру.

Степень удовлетворенности n-ым покупателем k-ым параметром товара, предлагаемого m-ым продавцом обозначим как M_{knm}.

Аналогично, степень удовлетворенности m-ым продавцом требованиями к k-ому параметру товара, выставляемыми n-ым покупателем обозначим как M_{kmn}.

© Нижневский В. В., Матвеев М. Г., 2020

Мы можем рассматривать меру удовлетворения требований агентов двумя способами:

1. $M_{knm} = M_{kmn}$ – мера соответствия требований n-го покупателя m-му продавцу по k-му параметру товара равна мере соответствия требований m-го продавца n-му покупателю. То есть мы не принимаем во внимание несимметричность функции принадлежности относительно ее максимального значения.
2. $M_{knm} \neq M_{kmn}$ – в этом случае учитывается несимметричность.

Рассмотрим три варианта взаимного расположения требований покупателя и продавцы к параметру.

2Продавец и покупатель выставляют требования к параметру товара в виде нечетких множеств с функциями принадлежности μ_{kn} – для покупателя, μ_{km} – для продавца. В этом случае мера соответствия требований к характеристикам рассчитывается по формулам:

– В случае $M_{knm} = M_{kmn}$ мера соответствия для обоих агентов одинакова и имеет вид:

$$M_{knm} = m_{knm}^{-ad_{knm}+1} \tag{1}$$

где k – индекс параметра товара, n, m – индексы покупателя и продавца соответственно, $m_{knm} = \max\{\min\{\mu_{kn}, \mu_{km}\}\}$, dknm - носитель функции $\mu_{knm} = \min\{\mu_{kn}, \mu_{km}\}$, $a \in [0,1)$ – настраиваемый параметр, отражающей степень учитывания ширины интервала d.

– Случай $M_{knm} \neq M_{kmn}$. Пересечение функций принадлежности агентов имеет вид:

$$\mu_{knm} = \min\{\mu_{kn}, \mu_{km}\} \tag{2}$$

Тогда мера соответствия агентов равна отношению площади под графиком пересечения их функций принадлежности к отношению функции принадлежности агента.

$$M_{knm} = \frac{\int \mu_{knm}}{\int \mu_{kn}} \tag{3}$$

$$M_{kmn} = \frac{\int \mu_{knm}}{\int \mu_{km}} \tag{4}$$

3. Один агент, например, покупатель, выставляет требования к товару в виде нечеткого множества μ_{kn}, другой агент, например, продавец – в виде четкого числового значения v_{km}.

– В случае $M_{knm} = M_{kmn}$ мера соответствия требованиям равна значений функции принадлежности μ_{kn} в точке v_{km} .

$$M_{knm} = \mu_{kn}(v_{km}) \tag{5}$$

– В случае $M_{knm} \neq M_{kmn}$значение меры соответствия для агента, чьи требования характеризуются нечетким множеством вычисляются по формуле 5, а для агента с требованиями в виде четкого числового значения имеет вид:

$$M_{kmn} = \begin{cases} 1, \mu_{kn}(v_{km}) > 0 \\ 0, \mu_{kn}(v_{km}) = 0 \end{cases}. \tag{6}$$

4. Оба агента (покупатель и продавец) выставляют требования к значению параметра в виде четких числовых характеристик v_{kn} - покупатель и v_{km} - продавец. Тогда мера соответствия равна 1, если требования к характеристикам совпадают и 0, если нет.

$$M_{knm} = M_{kmn} = \begin{cases} 1, v_{kn} = v_{km} \\ 0, v_{kn} \neq v_{km} \end{cases} \tag{7}$$

2. Транспортная задача

В поставленных условиях рассмотрим транспортную задачу. Покупатели имеют спрос на некоторый товар, предлагаемый продавцами.

В реальной жизни взаимная степень удовлетворенности покупатель и поставщика, как правило, различны. То есть будем рассматривать случай $M_{knm} \neq M_{kmn}$.

Найдя степени соответствия по каждому параметру товара, мы можем построить векторы соответствия требований к товару между агентами. Вектор $\overrightarrow{M_{nm}} = (M_{knm})$, где *k = 1,..,K*, показывает соответствие требований *n*-го покупателя и *m*-го продавца по каждому параметру товара. Аналогично, вектор $\overrightarrow{M_{mn}} = (M_{kmn})$, показывает соответствие требований *m*-го продавца и *n*-го покупателя по каждому параметру товара.

После получения векторов соответствия необходимо провести операцию агрегирования, что позволит выразить степени соответствия требованию агентов друг другу в виде числовых значений.

Методы агрегирования степеней соответствия:

1. Длина вектора в *k*-мерном пространстве характеристик. Значение неотрицательное, может быть больше 1.

$$C_{nm} = |M_{nm}| = \sqrt{\sum_{k=1}^{K} M_{knm}^2} \quad (8)$$

2. Минимальное значение компоненты вектора в k-мерном пространстве. В этом случае значение от 0 до 1.

$$C_{nm} = \min(M_{knm}), k = 1..K \quad (9)$$

3. Среднее арифметическое по компонентам вектора. Значение - от 0 до 1.

$$C_{nm} = \frac{1}{K}\sqrt{\sum_{k=1}^{K} M_{knm}}, k = 1..K \quad (10)$$

4. Произведение компонент вектора. Значение - от 0 до 1.

$$C_{nm} = \prod_{k=1}^{K} M_{knm}, k = 1..K \quad (11)$$

В ходе работы был выбран способ агрегирования с помощью нахождения длины k-мерного вектора.

Рассмотрим закрытую транспортную задачу

$$\sum_{n=1}^{N} A_n = \sum_{m=1}^{M} B_m , \quad (12)$$

где An – объем потребления n-ым покупателем, Bm – объем предложения m-ым продавцом.

Задача состоит в том, чтобы максимизировать суммарную «удовлетворенность» каждого агента заключенными сделками (покупками для покупателей и продажами для продавцов):

$$F_C = \sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} C_{nm} x_{nm} \to \max , \quad (13)$$

$$F_S = \sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} C_{mn} x_{nm} \to \max , \quad (14)$$

где FC – функция выигрыша со стороны покупателей, FS – функция выигрыша со стороны продавцов, xnm - объем поставок m-ым продавцом n-ому покупателю.

Таким образом, перед нами стоит задача многокритериальной оптимизации – оптимизации двух или более конфликтующих целевых функций.

Для решения задачи векторной оптимизации могут применяться:

– Методы, основанные на свертывании системы показателей эффективности;
– Методы, использующие ограничения на критерии;
– Методы целевого программирования;
– Методы, основанные на отыскании компромиссного решения.

В ходе работы были рассмотрены методы, основанные на свертывании оптимизируемого вектора, в частности метод линейной свертки, при котором целевая функция имеет вид

$$F(x) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i f_i(x), \tag{15}$$

где коэффициенты

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0, i = 1, 2, ..., n. \tag{16}$$

В рассматриваемом примере итоговое значение критерия имеет вид

$$F = \alpha_1 F_C + \alpha_2 F_S. \tag{17}$$

Также могут использоваться другие методы свертывания, например:

3Взвешенное суммирование (формула 8).

4Логарифмический критерий, запрещающий нулевые значения C_{nm}.

$$F_C = \prod_{n=1}^{N} \prod_{m=1}^{M} C_{nm}^{x_{nm}} \rightarrow \max \tag{18}$$

$$F_C = \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} x_{nm} \ln(C_{nm}) \rightarrow \max \tag{19}$$

Рассмотрим решение этой задачи на примере. Пусть есть 3 покупателя и 3 продавца некоторого товара (мобильного телефона).

Рассмотрим следующие характеристики телефона:

– емкость аккумулятора, определена на универсуме U = [2, 6] тысяч мА/ч;
– объем оперативной памяти, определен на универсуме U = [1, 12] ГБ;
– цена, определена на универсуме U = [5, 150] тысяч рублей.

Проведя агрегирование взаимных требований покупателей и поставщиков к товару, получим две матрицы, состоящих из векторов соответствия (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Векторы соответствия со стороны покупателей

	Пост. 1	Пост. 2	Пост. 3
Пок. 1	(0,17; 1; 0,25)	(1, 0, 0)	(1, 1, 0)
Пок. 2	(0,25; 0; 0,08)	(0,5; 1; 1)	(1; 0; 0)
Пок. 3	(0; 1; 0)	(0,25; 0; 0)	(1; 1; 0,5)

Таблица 2

Векторы соответствия со стороны поставщиков

	Пост. 1	Пост. 2	Пост. 3
Пок. 1	(0,17; 1; 0,25)	(1; 0; 0)	(1; 1; 0)
Пок. 2	(0,5; 0; 0,17)	(1; 1; 1)	(1; 0; 0)
Пок. 3	(0; 1; 0)	(0,5; 0; 0)	(1, 1, 1)

Затем приведем полученные векторы к числовым значениям, найдя модули векторов соответствия (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Матрица $||C_{nm}||$ для покупателей

	Пост. 1	Пост. 2	Пост. 3
Пок. 1	1,04	1	1,41
Пок. 2	0,26	1,5	1
Пок. 3	1	0,25	1,5

Таблица 4

Матрица $||C_{mn}||$ для поставщиков

	Пост. 1	Пост. 2	Пост. 3
Пок. 1	1,04	1	1,41
Пок. 2	0,53	1,73	1
Пок. 3	1	0,5	1,73

Компоненты вектора критериев, которые необходимо оптимизировать имеют вид, представленный в формулах 13 и 14.

Ограничения обусловлены возможностями поставщиков поставить товар и объемом спроса покупателей и имеют вид:

$$\sum_{m=1}^{M} x_{1m} \le 2 \qquad (20)$$

$$\sum_{m=1}^{M} x_{2m} \le 3 \qquad (21)$$

$$\sum_{m=1}^{M} x_{3m} \le 1 \quad (22)$$

$$\sum_{n=1}^{N} x_{n1} \le 4 \quad (23)$$

$$\sum_{n=1}^{N} x_{n2} \le 1 \quad (24)$$

$$\sum_{n=1}^{N} x_{n3} \le 1 \quad (25)$$

Оптимальный план поставок при значениях весовых коэффициентов $\alpha 1 = 0{,}6$ и $\alpha 2 = 0{,}4$ представлен в табл. 5.

Таблица 5

Оптимальный план поставок

	Пост. 1	Пост. 2	Пост. 3
Пок. 1	2	2	0
Пок. 2	0	1	0
Пок. 3	0	0	1

Значения целевых функций (для каждой из сторон и агрегированной) равны

$$F_C = 7,08, \quad (26)$$

$$F_S = 7,54, \quad (27)$$

$$F = 7,264. \quad (28)$$

Заметим, что предложенный подход к решению задачи допускает распределение ресурсов от поставщика к покупателю, даже если их степени соответствия равны 0. Возможным способом решения этой проблемы является подстановка вместо нулевых значений отрицательных чисел, модуль которых на несколько порядков больше максимальной из остальных степеней принадлежности.

Заключение

Таким образом, в статье рассмотрен подход к решению двукритериальной задачи распределения ресурсов. Были предложены методы нечеткого агрегирования степеней соответствия требований покупателей и поставщиков, выставляемых к ресурсу.

В ходе дальнейшей работы предполагается рассмотреть агрегирование степеней соответствия с использованием нечетких

интегралов Шоке и Сугено, исследовать возможные решения проблемы распределения ресурсов между агентами, имеющими значение степени соответствия, равное нулю.

Список литературы

1. Будяков, А. Н. Решение задачи выбора ресурсов и их поставщиков в условиях противоречивости технических и коммерческих требований / А. Н. Будяков, К. Г. Гетманова, М. Г. Матвеев // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – № 2. – С. 66-71.

2. Востриков, А. В. Использование модели транспортной задачи при выборе поставщика, способа доставки и организации складирования продукции / А. В. Востриков // Вектор науки ТГУ. – 2009. – № 7 (10). – С. 47–51.

3. Борисов, А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева - Москва: Радио и связь, 1989. – 304 с.

Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением энергетическими параметрами передатчиков

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru,
А.С. Скорик, e-mail: arturskorik@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Рассмотрена модель сети радиосвязи, в которой минимизация мощности излучения передатчиков предлагается на основе параллельной ретрансляции сигналов элементами системы пространственно распределенных ретрансляторов.*

Ключевые слова: *параллельная ретрансляция, минимизация мощности излучения передатчиков, разведзащищенность*

Введение

Наиболее уязвимым звеном существующей системы авиационной связи с точки зрения разведзащищенности, является система декаметровой (ДКМ) радиосвязи. Это объясняется наличием большого количества демаскирующих признаков ДКМ радиостанций и ограниченными возможностями использования таких эффективных методов обеспечения разведзащищенности, как применение сложных сигнально-кодовых конструкций и использование высокоэффективных антенных устройств [1, 2].

Антенные системы средств ДКМ радиосвязи являются слабонаправленными с коэффициентом усиления: не более 6 – для антенн бегущей волны и не более 2 – для штыревых антенн. Слабый коэффициент усиления антенны при большом затухании сигнала на трассе распространения радиоволн компенсируется большим уровнем выходной мощности передатчиков. При этом, вероятность обнаружения таких радиостанций станциями радиотехнической разведки противника является высокой [1, 2].

Дальнейшее повышение разведзащищенности системы ДКМ радиосвязи предлагается на основе применения методов адаптивного управления энергетическими параметрами передатчиков в рамках структурной адаптации [3, 4]. Для оценки возможностей таких методов, актуальной является задача построения модели сети радиосвязи с адаптивным управлением энергетическими параметрами передатчиков.

© Скорик А.С., Рябов А. В., 2020

1. Разработка модели

Рассмотрим сеть ДКМ радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов, состоящую из узла отправителя сообщения, узла получателя сообщения и N-узлов-ретрансляторов (радиостанций). Вариант подобной системы представлен на рис. 1.

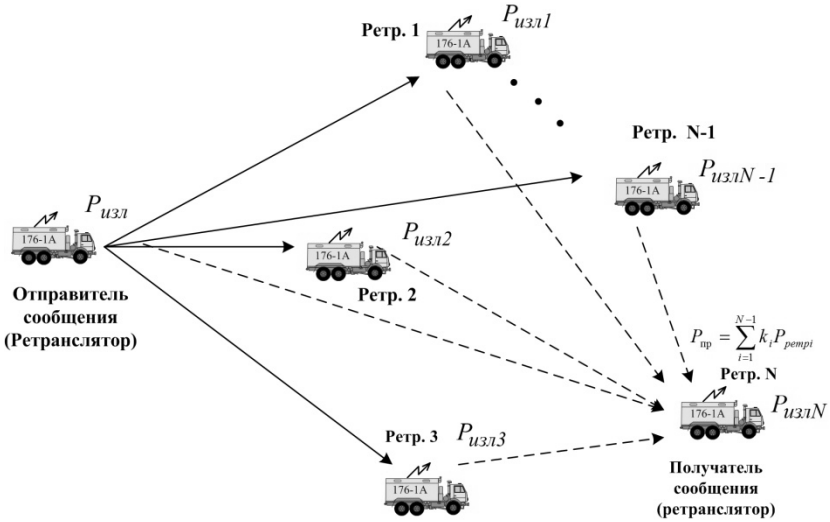


Рис. 1. Сеть ДКМ радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов

Пусть в радиостанциях, входящих в данную радиосеть имеется возможность адаптивного управления мощностью передатчика в диапазоне от 100 до 1000 ВТ. При этом каждая радиостанция может работать в следующих режимах:

- автономная работа в радиосети или радионаправлении, земной или пространственной (ионосферной) волной;
- последовательная ретрансляция земной или ионосферной волной;
- параллельная ретрансляция земной или ионосферной волной с пространственным сложением мощности передатчиков [3, 4].

Последовательная ретрансляция может рассматриваться как частный случай параллельной, когда количество доступных ретрансляторов снижается до одного.

Под параллельной ретрансляцией будем понимать одновременную ретрансляцию двумя и более радиостанциями сигналов отправителя

сообщений получателю сообщений с синфазным сложением сигналов в точке приема. При этом синхронизация передатчиков ретрансляторов должна осуществляться с учетом изменения фазы сигналов в радиоканале, а формирование синхросигналов – станцией получателя сообщений [3, 4].

Каждый элемент адаптивной радиосети при использовании метода параллельной ретрансляции может быть отправителем, ретранслятором или получателем сообщений. Следовательно, данными средствами должны осуществляться дополнительные функции [3, 4]:

- формирование признака главной станции;
- поиск свободных ретрансляторов и выбор оптимальной структуры сети;
- формирование адресов ретрансляторов, отправителя и получателя сообщений;
- формирование синхросигналов;
- обработка принятых синхросигналов и формирование управляющих сигналов для автоматической подстройки фазы излучаемых радиосигналов.

Указанные функции могут быть реализованы программно в аппаратуре адаптации перспективных средств радиосвязи 6-го поколения на SDR платформе.

При отсутствии радиоразведки и радиопротиводействия со стороны противника, предполагается работа элементов адаптивной сети радиосвязи в автономном режиме, либо режиме последовательной ретрансляции сигналов через составные радиолинии. При этом в сети необходим мониторинг доступного структурного ресурса и оценка радиочастотной обстановки.

При обнаружении факта воздействия на сеть радиосвязи систем радиотехнической разведки и радиотехнического противодействия противника и наличии доступных ретрансляторов, осуществляется переход в режим параллельной ретрансляции. Получатель сообщений осуществляет прием сигналов по параллельным каналам с синфазным сложением мощности и по каналу обратной связи осуществляет синхронизацию передатчиков ретрансляторов.

Суммарный сигнал на входе приемника представим в виде:

$$P_{c\,\Sigma} = \frac{G_{АФАР} \cdot G_{\text{А пр с}} \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot W_{\text{пр с}}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(\frac{P_{\text{пер с}\,i}}{L^2_{\text{лс}\,i} \cdot W_{\text{с}\,i}} \right), \qquad (1)$$

где $P_{\text{пер с}\,i}$ – мощность передатчика i-го ретранслятора; N – количество ретрансляторов; $G_{АФАР}$ – коэффициент усиления

виртуальной адаптивной фазированной антенной решетки (АФАР), состоящей из N ретрансляторов; $G_{\text{А пр с}}$ – коэффициент усиления приемной антенны; λ – длина волны; $L_{\text{лс}\,i}$ – расстояние между i-м ретранслятором и приемником лини связи; $W_{\text{с}\,i}$ – коэффициент учитывающие дополнительные потери сигнала в i-м канале ретрансляции сверх потерь при распространении его в свободном пространстве; $W_{\text{пр с}}$ – коэффициент учитывающий потери сигнала в приемнике линии связи.

Как следует из выражения (1) уровень излучаемой мощности передатчиков ретрансляторов, при заданном (обеспечивающим требуемую достоверность связи) уровне суммарного сигнала на входе приемника, может снижаться пропорционально увеличению коэффициента усиления виртуальной АФАР, состоящей из N передатчиков до уровня $P_{\text{пер с}\,i\,\min}$. При этом коэффициент усиления АФАР зависит от количества элементов (ретрансляторов) и слабо зависит от направленных свойств их антенн [3].

Для снижения количества демаскирующих признаков (ДМП) сети, представленной на рис. 1, целесообразно обеспечить равенство мощностей передатчиков, включенных в данный момент в структуру виртуальной АФАР. В этом случае выражение (1) можно упростить:

$$P_{c\,\Sigma} = \frac{N \cdot P_{\text{пер с}} \cdot G_{АФАР} \cdot G_{\text{А пр с}} \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot W_{\text{пр с}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(L_{\text{лс}\,i}^2 \cdot W_{\text{с}\,i} \right)}. \qquad (2)$$

Из анализа результатов расчетов, проведенных в работе [3] и представленных на рис. 2 следует, что при увеличении количества N ретрансляторов в структуре адаптивной сети радиосвязи, мощность их излучения снижается пропорционально росту коэффициента усиления антенны.

При объединении в АФАР двух передатчиков диапазона ДКМВ их мощность уменьшается в 2,1 раза, четырех – в 4,5 раза, шести – в 6,8 раз, восьми – в 10 раз.

Наибольшая эффективность предлагаемого метода обеспечивается применением от 2 до 6 ретрансляторов. Дальнейшее увеличение их количества приводит к незначительному росту коэффициента усиления.

Системой радиотехнической разведки ретрансляторы, входящие в состав адаптивной радиосети, будут распознаваться как отдельные

источники сигналов. Тогда, в соответствии с методикой оценки разведзащищенности, изложенной в работе [1], минимизация мощности излучения источников сигналов повышает их разведзащищенность при обеспечении требуемого качества связи. Кроме того, отправитель сообщений остается неизвестным, что приводит к тому, что система радиотехнической разведки противника не сможет выявить главную радиостанцию и, в общем, не сможет вскрыть состав радиосети.

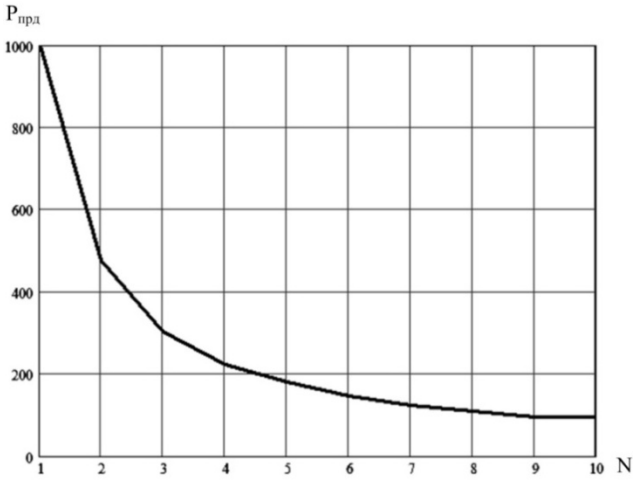


Рис. 2. Зависимость требуемого уровня излучаемой мощности ретранслятора от количества ретрансляторов

Заключение

Разработанная модель сети радиосвязи с адаптивным управлением энергетическими параметрами передатчиков позволяет при адаптивном управлении коэффициентом усиления формируемой АФАР в рамках структурной адаптации обеспечить минимизацию мощности отдельных передатчиков в рамках параметрической адаптации.

Практическая реализация рассмотренного метода параллельной ретрансляции сигналов, рассмотренного в модели, позволит повысить разведзащищенность сетей радиосвязи. Реализация данного метода в перспективных сетях радиосвязи обеспечивается переходом на единую SDR-платформу программно определяемого радио с открытой модульной архитектурой аппаратной платформы и программного обеспечения радиосредств.

Список литературы

1. Казьмин, А. И. Обеспечение разведзащищенности системы ДКМ радиосвязи в сложной электромагнитной обстановке на основе управления ее демаскирующими признаками / А. И. Казьмин, А. В. Рябов, П. А. Федюнин // Охрана, безопасность, связь. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2017. – № 1-3. – С. 255-259.

2. Комарович, В. Ф. Военная КВ радиосвязь: достижения, направления совершенствования / В. Ф. Комарович, В. Г. Романенко. – Л.: ВАС, 1989. – 134с.

3. Рябов, А. В. Особенности пространственного сложения мощности передатчиков декаметрового диапазона / А. В. Рябов // Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно-аналитический, и учебно-методический журнал. – М.: Наука и технологии, 2012. – № 9. – С. 22 – 28.

4. Пресняков, М. Ю. Метод адаптивного управления структурно-параметрическим ресурсом сетей радиосвязи с распределенными элементами / М. Ю. Пресняков, А. В. Рябов // Сб. докладов IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов «Энергосбережение и эффективность в технических системах». (10-12 июля 2017 г.) – г. Тамбов: ТГТУ, 2017. – С. 149 -150.

Автоматизация процесса распознавания маркировок непрерывнолитых заготовок

Д.А. Торопчин, email: toropchin.da@reliab.tech[1]
А.С. Мирошниченко, email: miroshnichenko.as@reliab.tech [1]
Е.А. Михайлюк, email: gazon1978@yandex.ru[2]

[1] ООО «Технологии Надежности»
[2] Старооскольский технологический институт имени А.А. Угарова (филиал) Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»

Аннотация. *В статье предлагается метод автоматизации распознавания рукописных и штампованных маркировок заготовок металлургических предприятий. Реализация метода выполнена на основе искусственной нейронной сети (ИНС).*

Ключевые слова: *ИНС, распознавание текста, распознавание нечетких текстовых символов, OCR.*

Введение

В настоящее время, на Оскольском электрометаллургическом комбинате (ОЭМК), одним из видов товарной продукции являются непрерывнолитые заготовки квадратного и прямоугольного сечения. На этапе производства все заготовки обязательно проходят стадию промышленной маркировки.

Интерес представляют способы маркировок, которые применяются на ОЭМК, а именно: ударно-механическая маркировка и маркировка краской. После сформирования заготовки сотрудник обязательно вручную проверяет правильность клейма (ударно-механическая маркировка). В случае обнаружения дефекта сотрудник маркирует деталь краской (рисунок 1 – а, б).

После этого дополнительная проверка маркировки деталей производится оператором вручную, но уже с применением технических средств. В процессе которого возникают существенные проблемы. С одной стороны, точность распознавания клейма напрямую зависит от физического зрения и производственного опыта оператора. С другой стороны, от технических возможностей экрана монитора и видеокамеры (например, заготовка может некорректно попадать в область видимости камеры). Все это приводит к разного рода ошибкам (например,

© Торопчин Д.А., Мирошниченко А.С., Михайлюк Е.А., 2020

маркировка краской не всегда представляется разборчивой), занимает много времени и, как следствие, приводит к производственным потерям.

а б

а – ударно-механическая маркировка, б – маркировка детали краской

Рис. 1. Примеры маркировки деталей

Таким образом, анализ предметной области показал необходимость разработки автоматизированной системы распознавания маркировок непрерывнолитых заготовок. Для ее создания необходимо решить следующие задачи:

5. Возложить процесс распознавания маркировок на OCR (optical character recognition) систему, в результате чего абстрагироваться от распознавания человеком.
6. Обеспечить высокую точность и скорость распознавания.
7. Учесть промышленные условия эксплуатации системы распознавания.
8. Обеспечить возможность интеграции разработанной системы с АСУ ТП ОЭМК.

2. Основная часть

Для работы такой системы необходимо обеспечить: источники освещения, промышленные видеокамеры, сервер, программное обеспечение для распознавания маркировок и максимальную интеграцию с основными автоматизированными системами ОЭМК.

Перед распознаванием маркировки заготовки происходит важный процесс считывания маркировок, который включает в себя следующие этапы: фиксация заготовки, видеосъемка, процесс распознавания маркировки и передачу результатов в АСУ ТП.

Учитывая обозначенную проблематику и производственные факторы, для процесса распознавания решено использовать искусственную нейронную сеть (ИНС) состоящую из 10 слоёв (2 слоя

свертки, 2 макспуллинг, 3 дропаут и 3 полносвязных), с общим количеством параметров 995,060. [1, 2]

Алгоритм метода распознавания включает в себя следующие шаги:

9. Разделение видеопотока на кадры [3].
10. Создание «фрейма» (из каждого отдельного кадра вырезается область с номерами (числами).
11. Обработка «фрейма» (получение более четкого отображения чисел, удаление шумов и дефектов путем применения фильтрации и бинаризации).
12. Формирование сегментированного числа (СЧ) по контурам полученного изображения.
13. Подбор и изменение размеров СЧ с расширением (для нейронной сети 28x28 px).
14. Распознавание всех СЧ по порядку слева направо и конкатенирование результата.
15. Для каждой заготовки с числами вычисляется и распознается 5 фреймов, которые в процессе усредняются и формируют уточнённый результат.
16. Сохранение полученного клейма распознанной заготовки в информационную систему.
17. Передача клейма в АСУ ТП ОЭМК по средствам HTTP протокола.

Для тестирования разработанного метода использованы 100 фотографий маркировок заготовок ОЭМК. Случайным образом изображение каждой фотографии было повернуто на произвольный угол, растянуто или сжато, изменено в цвете, обрезано, зашумлено и подвержено прочим преобразованиям. В результате размер выборки составил 1000 изображений. Результат тестовой работы программы представлен на рисунке 2.

Для оценки разработанного метода использовались точность (precision) и полнота (recall) и F-мера (F-measure), представляющая гармоническое среднее между точностью и полнотой [4]. Precision позволяет интерпретировать как долю объектов, названных классификатором положительными, и при этом действительно являющимися положительными, а recall представляет, какую долю объектов положительного класса из всех объектов положительного класса нашел алгоритм. В таблице 1 представлена оценка предложенного метода, которая включает в себя следующие поля:

– TP – истинно-положительное решение (для 1 класса подаю 1, и он определяет 1);

– TN – истинно-отрицательное решение (для 1 класса подаю НЕ 1, и он определяет как НЕ 1);
– FP – ложноположительное решение (для 1 класса подаю НЕ 1, и он определяет, как 1);
– FN – ложноотрицательное решение (для 1 класса подаю 1, и он определяет, как НЕ 1).

TPR уже известна – это полнота, а FPR показывает, какую долю из объектов negative класса алгоритм предсказал неверно.

Таблица

Таблица классификатора

pprecicion	rrecall	FF-measure	TTPR	FFPR	TTP	TTN	FFP	FFN
00.89	00.94	00.91	00.94	00.67	116	11	22	11

Согласно полученным данным, основной параметр (точность распознавания) составил 89%. Важно отметить, что результаты получены на искусственно смоделированных изображениях со значительно ухудшенным качеством по сравнению с оригиналом. На оригинальных же изображениях – порядка 99%. Точность распознавания человеком составляет менее 80%. Также отметим, что правильно распознанным изображением для данной задачи являлось то, в котором все числа распознались верно, в противном случае, это неверное распознавание. На рисунке 2 построена ROC-кривая, отношение FPR/TPR, площадь под кривой ≈ 0.88, что указывает о хорошей оценке классификатора.

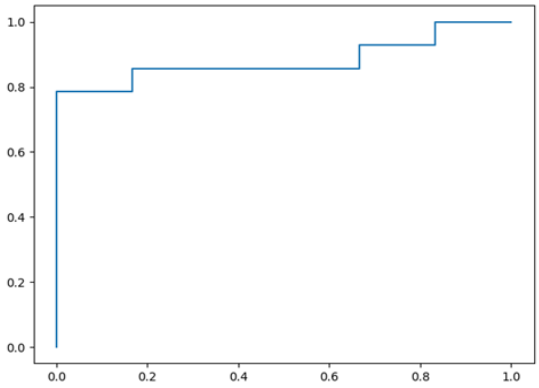


Рис. 2. Отношение FPR/TPR

Оценка скорости распознавания включает два этапа, высокое и низкое разрешение:

18. Загрузка одного изображения размером fullHD (1920x1080px), предварительная обработка изображения и распознавание = 0.8631 сек.
19. Покадровое распознавание из видеопотока: один кадр (640x480px), предварительная обработка изображения и распознавание = 0.1989 сек.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что при использовании разработанного метода распознавания маркированных заготовок на основе нейронных сетей увеличивается точность распознавания (89% на искусственно смоделированных изображениях с ухудшенным качеством и 99% на оригинальных, против 80% точности распознавания человеком), сводится к минимуму число ручных операций, исключаются совершаемые операторами по невнимательности или намеренно (человеческий фактор) ошибки, сокращается время, затрачиваемое на проверку маркированных заготовок. На основе полученных результатов можно сказать, что поставленные задачи решены, цели достигнуты.

Список литературы

2. Розенблат, Ф. Принципы нейродинамики: Персептрон и теория механизмов мозга / Ф. Розенблат. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1965. – 175 с.

3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – 2-е издание. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

4. Bradski, G. Learning OpenCV – September 2008: First Edition / G. Bradski, A. Kaehle // Published by O'Reilly Media, Inc. – 2008. – 555 p.

5. Baeza-Yates, R. Modern Information Retrieval / R. Baeza-Yates, B. Ribeiro-Neto – Addison-Wesley. – 1999. – 103 p.

Обобщенный биометеорологический показатель безопасности работ на открытой местности в жарком климате

Ю. В. Шипко, email: yshipko@mail.ru [1]
В. С. Балакин, email: balakin69vs@gmail.com [1]
Е. В. Шувакин, email: argentina_85@mail.ru [2]

[1] ЦНИИ ВВС (Минобороны России)
[2] ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассматривается модель показателя «теплового стресса» оценки безопасности работ на открытой местности в течение определенного технологического периода, построенная на основе обобщенной функции желательности Харрингтона.*

Ключевые слова: *безопасность работы, биометеорологический показатель, температура воздуха, относительная влажность, технологический период, функция Харрингтона.*

Введение

Производственная деятельность человека, связанная с выполнением различного рода технологических процессов на открытой местности в условиях высокой температуры воздуха, имеет определенные ограничения, обусловленные снижением его работоспособности и риском для здоровья. При физической нагрузке персонала в условиях работы на открытом солнце возникают отрицательные последствия: болезненные спазмы в мышцах; тепловое истощение, головные боли; тепловой удар.

Для оценки влияния метеорологических условий на организм человека в практике метеорологического обеспечения различных потребителей используются биометеорологические показатели (индексы), в число которых входят и тепловые индексы, которые нашли применение в климатологии, курортологии, отраслях экономики [1–4]. Однако большинство индексов оценивают или степень комфортности климатических условий, или эргономические свойства рабочих мест в помещении [5], или предполагают проведение биометрических измерений в процессе работы персонала [6], или включают параметры (уровень солнечной радиации, температура внутри шарового термометра [7] и др.), по которым отсутствуют средства измерений в метеорологическом подразделении.

© Шипко Ю. В., Балакин В. С., Шувакин Е. В., 2020

Таким образом, существующие в настоящее время тепловые индексы (в том числе – «теплового стресса») не отвечают требованиям метеорологического обеспечения военного потребителя, не отражают зависимости от интервала времени непрерывной физической нагрузки. Отсутствие специализированной биоклиматической информации о влиянии жарких условий погоды на организм человека приводит к неопределенности в принятии решений при планировании мероприятий, различных видов подготовки (обслуживания) техники, проведения регламентных работ.

При разработке специализированного биометеорологического показателя следует разрешить имеющееся противоречие. С одной стороны, безопасная работа персонала на открытой местности в жарких условиях летнего сезона должна быть ограничена временным интервалом по комплексу «ключевых» факторов теплового воздействия [8, 9]: температура окружающего воздуха; относительная влажность воздуха; средняя радиационная температура; движение окружающего воздуха (скорость ветра); суммарная метаболическая теплота, выделяемая телом, – физиологический фактор тела и кожного покрова; физические особенности одежды работающего персонала.

С другой стороны, имеет место необходимый «технологический период» – определенный временной интервал непрерывной работы, необходимый для выполнения технологических операций по подготовке/обслуживанию техники.

Чтобы разрешить данное противоречие, ставится задача построения специализированного биометеорологического показателя, оценивающего безопасность работ персонала на открытой территории (без тепловых спазм, теплового истощения, теплового удара) в течение определенного технологического периода. Такой показатель должен соответствовать модели поддержки принятия метеозависимых решений.

1. Математический аппарат построения специализированного биометеорологического показателя

Построение модели специализированного биометеорологического показателя оценки безопасности работ персонала на открытой местности в условиях повышенных температур основывается на использовании функции желательности Харрингтона [10] с интервалом изменений [0; 1]. Безразмерная вербально-числовая шкала позволяет задавать границы градаций желательности с термами: [0; 0,20] – «очень плохо»; [0,20; 0,37] – «плохо»; [0,37; 0,63] – «удовлетворительно»; [0,63; 0,80] – «хорошо»; [0,80; 1,0] – «очень хорошо», где значения 0,2; 0,37; 0,63; 0,8 – базовые точки функции Харрингтона.

Пусть имеется ряд частных показателей, характеризующих (оценивающих) в разных аспектах условия работы, y_j, $j = 1, 2, ..., p$. Каждый показатель y_j имеет свой физический смысл и размерность, чтобы их объединять или сравнивать, необходимо, во-первых, ввести для каждого некоторую безразмерную шкалу, во-вторых, установить однотипную шкалу, чтобы параметры были сравнимые. Далее определяется правило комбинирования частных параметров в обобщенный показатель.

При односторонних ограничениях показателей $y_j \le y_{j\max}$ частная функция желательности для признака y_j применяется в виде экспоненциальной зависимости [10]:

$$d(y'_j) = \exp(-\exp(-y'_j)),$$

где y'_j – кодированное значение признака y_j (в условном масштабе).

При кодировании признаков используется линейная зависимость

$$y'_j = b_{0j} + b_{1j}\, y_j,$$

где коэффициенты b_{0j}, b_{1j} определяются решением системы уравнений при задании для двух значений y_j соответствующих значений функции желательности $d(y'_j)$ в интервале $0,37 \le d(y'_j) \le 0,63$.

При нескольких частных показателях «теплового стресса», преобразованных в шкалу желательности, предлагается использовать обобщенный показатель в виде средней геометрической [10]:

$$D = \prod_{j=1}^{p} d(y'_j)^{1/p}.$$

2. Модель обобщенного специализированного биометеорологического показателя

Сформулированы требования к модели специализированного биометеорологического показателя:

- использование входных параметров, по которым имеются средства измерений в метеорологическом подразделении;
- отсутствие параметров, требующих непосредственной диагностики в процессе работы персонала (выделяемое человеком метаболическое тепло, ректальная температура, средневзвешенная температура кожи, частота сердечных сокращений и другие физиологические показатели);

– учет основных факторов «теплового стресса» [8, 9]: температуры и относительной влажности окружающего воздуха; скорости ветра; радиационной температуры; метаболической теплоты, выделяемой телом; свойств одежды работающего персонала;
– возможность прогноза величины индекса и альтернативной оценки к принятию решения на безопасные работы персонала;
– учет временного интервала на проведение определенных работ (мероприятий) по подготовке (эксплуатации) техники.

Условно принимаются два варианта технологического периода: 2, 3 часа. При построении модели используются следующие условия.

Работающий персонал акклиматизирован [9].

Скорость ветра не превышает 2 м/с (по условиям используемых частных тепловых индексов и рассматриваемым нормативам).

Уровень физической нагрузки 3 класса [7], соответствующий выделению метаболического тепла в среднем 350 ккал/ч (407 Вт), что отвечает следующим физическим нагрузкам: интенсивная работа рук и туловища; перенос тяжестей; толкание или волочение тяжелогруженых ручных тележек и др.

Характеристики одежды: обеспечивается коэффициент термоизоляции 0,6 clo (рубашка с длинными рукавами и брюки) и индекс влагопроницаемости 0,36 [7].

Критические значения физиологических параметров: ректальная температура не выше $39\,^{\circ}\mathrm{C}$, частота сердечных сокращений – не более 160 ударов/мин [7, 9].

Входные параметры модели – метеорологические факторы: температура воздуха t, $^{\circ}\mathrm{C}$, и относительная влажность R_H, %.

Требуется определить вариант специализированного показателя, учитывающий физиологическое состояние человека и метеоусловия, при которых сохраняется на некотором уровне возможность (адекватной) работы на открытом воздухе в условиях повышенных температур без тепловых спазм, теплового истощения или солнечного удара.

Из всего многообразия тепловых индексов («теплового стресса») сделан выбор тех, которые соответствуют приведенным требованиям определенными информационными аспектами: имеют некоторую зависимость (или спецификацию) от временного интервала непрерывной работы; известна информация о физической нагрузке при выполнении работ; имеется отметка наступления критических условий для физиологического состояния человека.

В качестве частных (базовых) показателей используются:

– *WD* (wet-dry index) – показатель состояния человека при умеренной физической нагрузке в жарких условиях [8], °C :

$$y_1 = WD = 0,85\, t_w + 0,15\, t,$$

где t_w – температура смоченного термометра, °C (перевод t_w в R_H, %, осуществляется по психрометрическим таблицам [11]);

– *ET* – показатель теплоощущений человека (индекс эффективной температуры) [8], °C :

$$y_2 = ET = t - 0,4\left(t - 10\right)\left(1 - R_H / 100\right);$$

– *HI* (Heat Index) – комплексный показатель опасности условий жаркой среды [12], °F :

$$y_3 = HI = -42,379 + 2,04901523\, t + 10,14333127\, R_H - \\ - 0,22475541\, t\, R_H - 0,00683783\, t^2 - 0,05481717\, R_H{}^2 + \\ + 0,00122874\, t^2 R_H + 0,00085282\, t\, R_H{}^2 - 1,99 \cdot 10^{-6}\, t^2 R_H{}^2,$$

где t – температура воздуха, °F .

При установлении границ допустимых значений показателей $y_{j\max}$ (и последующем выборе значений $d(y_j')$) использовались соответствующие зависимости и спецификации с ограничивающими пределами. При этом под «удовлетворительными» условиями работы на открытой местности полагается возможность работы персонала без тепловых мышечных спазм, теплового истощения, солнечного удара в течение определенного интервала времени.

В качестве границы условий «хорошие» и «удовлетворительные» функции желательности, значение $d(y_j') = 0,63$, условно принят комплекс $t = +30^{\circ}\mathrm{C}$, $R_H = 35$ %, что соответствует средним значениям параметров в июле (в дневные часы) на станции Верхний Баскунчак (Нижняя Волга). Данные условия летнего сезона, конечно, изнурительно воздействуют на персонал, создают определенный дискомфорт, затруднения в работе, но не являются опасными для здоровья (акклиматизированного субъекта).

После определения коэффициентов b_{0j}, b_{1j} и частных функций желательности $d(y_j'), j = 1, 2, 3,$ обобщенная функция желательности (или специализированный показатель оценки безопасности работ персонала) согласно (3) представляется в виде:

при $\tau = 3$ ч: $D = \exp\{-\frac{1}{3}[\exp((-2,2234 + 0,0678\ y_1) +$

$+ \exp(-6,7113 + 0,2395\ y_2) + \exp(-8,7640 + 0,2737\ y_3)]\}$;

при $\tau = 2$ ч: $D = \exp\{-\frac{1}{3}[\exp((-2,1619 + 0,0649\ y_1) +$

$+ \exp(-5,9087 + 0,2071\ y_2) + \exp(-7,5531 + 0,2322\ y_3)]\}$.

Для удобства расчетов значений показателя от температуры воздуха и относительной влажности построены номограммы $D = f(t, R_H)$ при технологических периодах 3 и 2 ч (рис. 1, 2).

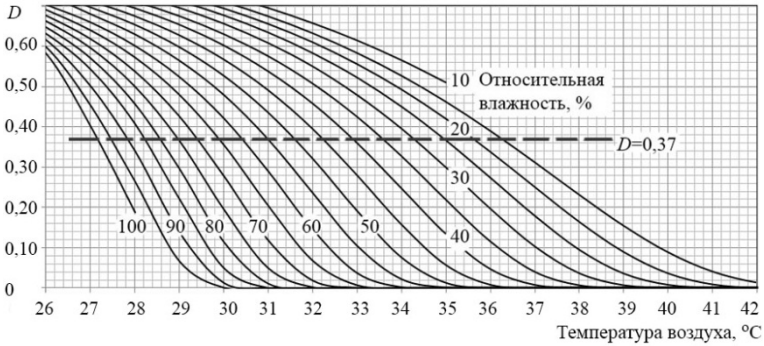


Рис. 1. Номограмма расчета специализированного биометеорологического показателя (технологический период 3 ч)

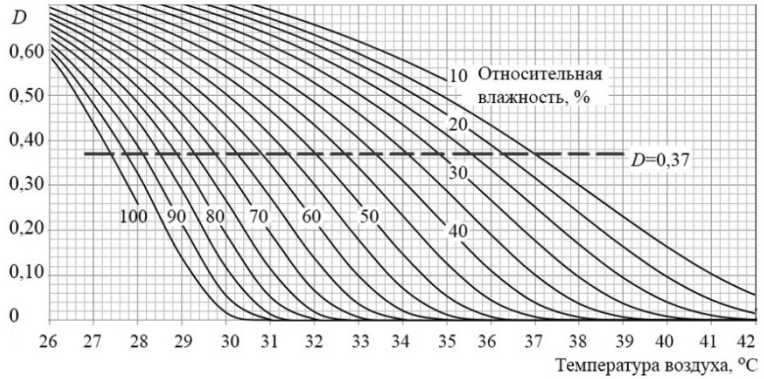


Рис. 2. Номограмма расчета специализированного биометеорологического показателя (технологический период 2 ч)

3. Верификация модели обобщенного специализированного биометеорологического показателя

Проведен расчет значений показателя D по наблюдениям на станции Верхний Баскунчак. В выборку вошли данные за июль 1999–2018 гг., в дневные сроки наблюдений 13, 16, 19 ч (местного времени), где учитывались случаи с максимальной температурой воздуха между сроками $t_{\max} > 25,5\,^{\circ}\mathrm{C}$.

На рис. 3 отображено поле распределения сочетаний температуры и относительной влажности с оценкой безопасности работ на открытой местности при технологическом периоде 3 ч.

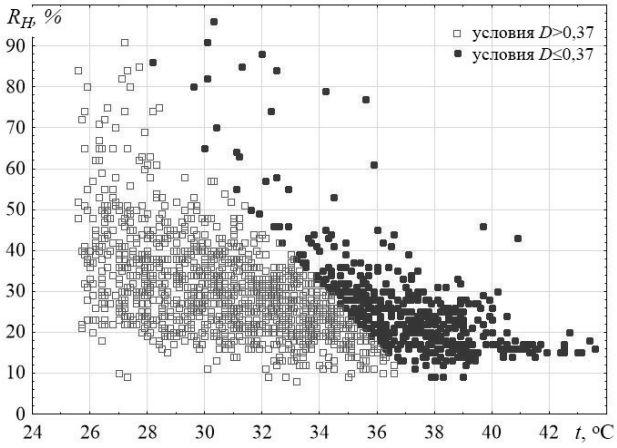


Рис. 3. Распределение сочетаний температуры и влажности воздуха на ст. В. Баскунчак (июль 1999–2018 гг., сроки 13, 16, 19 ч местного времени; оценка D для периода 3 ч)

Повторяемость условий в июле при температуре воздуха выше $25,5\,^{\circ}\mathrm{C}$, когда $D \le 0,37$ (хуже «удовлетворительных»), на рассматриваемой станции составляет 30 %.

Заключение

Разработана новая модель специализированного показателя безопасности работ персонала в условиях жаркого климата (летнего сезона), отвечающая требованиям моделей принятия метеозависимых решений, планирования мероприятий, учитывающая временные рамки подготовки (обслуживания) техники, физическую нагрузку персонала и метеорологические условия.

Список литературы

1. Головина, Е.Г. Некоторые вопросы биометеорологии: Учебное пособие/ Е.Г. Головина, В.И. Русанов. – СПб.: РГГМИ, 1993. – 90 с.

2. Емелина, С.В. Оценка информативности некоторых биометеорологических индексов для разных районов России/ С.В. Емелина, П.Н. Константинов, Е.П. Малинина, К.Г. Рубинштейн // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 7. – С. 25–37.

3. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики/ Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: ЦНИТ «АСТЕРИОН», 2008. – 336 с.

4. Ткачук, С.В. Сравнительный анализ биоклиматических индексов для прогноза с использованием мезомасштабной модели // Ученые записки РГГМУ. Метеорология. – 2011. – № 20. – С. 109–118.

5. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. СанПиН 2.2.4.3359–16. – Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 21.06.2016. – № 81.

6. ГОСТ Р ИСО 9886–2008. Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений. [Текст]. – Введ. 2009-12-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 16 с.

7. ГОСТ Р ИСО 7243–2007. Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра) [Текст]. – Введ. 2008-06-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.

8. Goldman, R.F. Introduction to heat-related problems in military operations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.Borden institute.army.mil/published_volumes/harshEnv1/Ch1-IntroductiontoHeat-RelatedProblemsinMilitaryOpera.pdf

9. ГОСТ Р 57794–2017 (ИСО 7933:2004). Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация теплового стресса с использованием расчета прогнозируемой тепловой нагрузки [Текст]. –Введ. 2018-12-01. – М.: Стандартинформ, 2017. –32 с.

10. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.

11. ГОСТ 8.524–85. Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения [Текст]. – Введ. 1986-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 34 с.

12. The Heat Index Equation // National Weather Service: Weather Prediction Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www. wpc.ncep.noaa.gov/html/ heat-index_equation.shtml

Применение моделей формирования индивидуальной траектории освоения оператором эрготехнической системы

А. А. Шишкин, email: 68region333@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *Проведен анализ применения моделей формирования индивидуальной траектории при освоении оператором эрготехнической системы. Обосновано использование в процессе освоения оператором эрготехнической системы виртуального тренажера и централизации данных об операторах.*

Ключевые слова: *эрготехническая система, оператор, освоение, компетентностный подход, индивидуальная траектория, виртуальный тренажер, централизация данных.*

Введение

Специфика эрготехнических систем (ЭТС) возлагает серьезную ответственность на ее оператора, так как от него зависит решение задач, связанных с безопасностью людей, организацией движения, обороноспособностью и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций. Это означает, что оператор ЭТС должен иметь соответствующий уровень подготовки к своей профессиональной деятельности, ввиду чего актуализируется задача повышения качества подготовки операторов ЭТС.

Так как ЭТС требует от оператора не однообразные повторяющиеся действия, а действия в зависимости от ситуации, оценка качества подготовки оператора только по сумме воспроизводимых им знаний, умений и навыков, как предлагается в традиционной модели подготовки, не позволяет достоверно определить его готовность к самостоятельной работе в качестве оператора ЭТС. Также стоит отметить, что анализ существующих систем подготовки операторов ЭТС показал отсутствие универсальных и автоматизированных систем подготовки.

1. Модель компетентностной концепции подготовки оператора ЭТС

Организация процесса подготовки оператора ЭТС на основе компетентностной концепции представлена в виде схемы на рис. 1. В целях формирования и развития профессиональных компетенций будущего оператора ЭТС и формирования для него индивидуальной

© Шишкин А. А., 2020

траектории в системе подготовки предусматривается возможность корректировки индивидуального плана подготовки оператора.

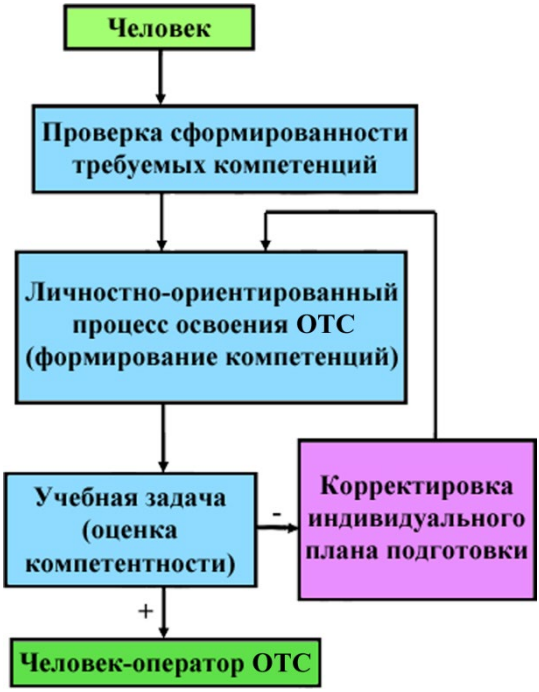


Рис. 1. Схема компетентностной концепции подготовки оператора ЭТС

Согласно компетентностной концепции [1] сначала проводится проверка сформированности компетенций, требуемых для работы оператором ЭТС. В результате данной проверки определяются недостающие компетенции, которые будут формироваться у оператора в личностно-ориентированном процессе освоения ЭТС. Далее проводится оценка компетентности оператора ЭТС, по результатам которой делается вывод о подготовленности человека в качестве оператора ЭТС. Если все требуемые компетенции не сформированы, то производится корректировка индивидуального плана подготовки (в соответствии с тем, какие именно компетенции не сформированы), и подготовка возвращается к личностно-ориентированному процессу освоения ЭТС.

2. Виртуальный тренажер

При компетентностном подходе усвоение знаний и формирование навыков должно доводиться до воплощения их в деятельности, а значит в процессе освоения оператором ЭТС необходимо либо использовать реальное ТС, что чревато его повреждением оператором, а также имеет ряд других недостатков, либо применять ТС лишь для закрепления освоения после тренировки на тренажере или виртуальном тренажере.

Учет личностных характеристик оператора наиболее эффективен при применении виртуального тренажера для освоения оператором ЭТС, так как реализация индивидуальной траектории в этом случае полностью возлагается на средства вычислительной техники.

В предлагаемой информационной технологии виртуальный тренажер является интерактивной системой, функционирующей на основе математической модели деятельности оператора ЭТС, которая представляет собой ядро процесса подготовки и отвечает за адекватность тренажера – его полноту и точность имитации процесса применения ЭТС [2]. Более подробно алгоритм функционирования виртуального тренажера для освоения оператором ЭТС описан в работе [3].

Помимо необходимости формирования компетенций до воплощения их в деятельности компетентностный подход акцентирует внимание на результате подготовки и ставит в центр процесса личность будущего оператора ЭТС с ее потребностями, способностями и интересами, что обеспечивается личностно-ориентированным процессом освоения ЭТС и корректировкой индивидуального плана подготовки, представленными на схеме компетентностной концепции подготовки оператора ЭТС (рис. 1), а также подводит к вопросу о формировании индивидуальной траектории освоения оператором ЭТС.

3. Индивидуальная траектория освоения оператором ЭТС

Согласно результатам анализа литературы [4–8] формирование индивидуальной траектории освоения ЭТС позволяет учитывать когнитивные стили мышления оператора, его преобладающий способ восприятия информации, а также различные подходы к освоению.

Задачи формирования индивидуальной траектории обучения и подготовки, построения моделей обучаемого и оператора и учета его личностных характеристик уже рассматривались как зарубежными авторами [9–12], так и отечественными [13–15], однако данные информационные системы не предназначены для быстрой подготовки, переподготовки оператора ЭТС, а также не полностью учитывают его личностные характеристики, ввиду чего была разработана математическая модель формирования индивидуальной траектории

освоения оператором ЭТС, интегрируемая в том числе и в информационные системы обучения и подготовки, рассматриваемые в работах [9–15].

При формировании индивидуальной траектории освоения оператором ЭТС эффективно применение методов имитационного моделирования [16]. Основой построения имитационной модели подготовки оператора ЭТС являются методы теории множеств, в соответствии с которыми оператор представляется в виде множества, элементами которого являются множества текущих компетенций ($K_{\text{тек}}$) и личностных характеристик оператора ($C_{\text{О}}$):

$$O = \{K_{тек}, C_O\}. \quad (1)$$

В множество личностных характеристик оператора ЭТС входят восприятие, внимание, память, воображение, мышление, воля, направленность, способности, темперамент, характер, а также когнитивные стили (импульсивность или рефлексивность, узкий или широкий диапазон эквивалентности, полезависимость или поленезависимость, ригидность или гибкость, конкретность или абстрактность, когнитивная простота или сложность, сглаживание или заострение, толерантность или неустойчивость и т.д.). Личностные характеристики оператора ЭТС определяются с помощью существующих психологических тестов, опросов, анкетирований и т.п.

Подготовка оператора ЭТС – это информационное воздействие на него, множество возможных видов которого определяется как A:

$$A = \{F, H, V\}. \quad (2)$$

где F – множество форм подготовки, H – множество методов подготовки, V – множество форм контроля, применимых к данному виду подготовки оператора ЭТС. Множество форм подготовки делится на фронтальные, индивидуальные и групповые формы подготовки, множество методов подготовки – на вербальные, наглядные и практические, множество форм контроля – на массовые и индивидуальные.

Само информационное воздействие на оператора ЭТС формируется с помощью функции S, которая выбирает из множества возможных видов информационного воздействия формы, методы подготовки и формы контроля исходя из личностных характеристик оператора:

$$S = f(A, C_O). \quad (3)$$

Так, например, при преобладающем у оператора ЭТС аудиальном способе восприятия информации в процессе тренировки на виртуальном тренажере предпочтение отдается звуковым подсказкам, нежели

текстовым, то есть используются вербальные методы подготовки. Примерами влияния индивидуальной траектории на процесс освоения оператором ЭТС также являются распределение подготовительной информации до, во время и после тренировки, разбиение тренировочных заданий на составляющие при соответствующих личностных характеристиках оператора ЭТС, групповые или индивидуальные тренировки и др.

Выбранные формы, методы подготовки и формы контроля являются одним из аргументов функции изменения состояния оператора T, в которую также входят множество текущих компетенций оператора, как изменяемая величина, и множество требуемых компетенций, как эталон для текущих компетенций:

$$T = f(K_{тек}, K_{тр}, S). \quad (4)$$

Самостоятельное формирование индивидуальной траектории освоения ЭТС будущим оператором, естественно, понесет в себе весомую дополнительную нагрузку на него, однако данная задача с высокой эффективностью решается с помощью средств вычислительной техники. Средства вычислительной техники также позволяют незатруднительно собирать статистику результатов подготовки операторов ЭТС и их личностных характеристик и производить централизацию этих данных, что дает возможность использовать их для повышения качества подготовки.

4. Централизация результатов подготовки и личностных характеристиках операторов

Традиционная модель формирования содержания профессиональной подготовки практически не позволяет произвести оценку ситуации на рынке труда, определить в численном виде конкурентоспособность специалистов, оценить другие рыночные факторы. Данная проблема решается централизацией данных о результатах подготовки операторов ЭТС, проходящих и прошедших подготовку с применением единой информационной технологии. Благодаря централизации результатов подготовки операторы ЭТС получают возможность сравнивать свои результаты с результатами других операторов.

Возможность просмотра результатов (в том числе промежуточных) подготовки других операторов ЭТС также повышает мотивацию участников подготовки за счет соревновательного момента, так как становится больше видимых конкурентов и результаты их подготовки известны.

Централизация данных о личностных характеристиках операторов ЭТС позволяет сформировать на основе статистики результатов подготовки математическую модель восприимчивости оператора к освоению определенной ЭТС, что дает возможность определить, какими личностными характеристиками должен обладать оператор для наиболее качественного освоения им конкретной ЭТС.

Заключение

На основе проведенного исследования разработана модель формирования индивидуальной траектории освоения оператором ЭТС для информационной технологии компетентностно-ориентированной подготовки операторов ЭТС, включающей в себя модель применения компетентностного подхода, модель централизации данных о результатах подготовки и личностных характеристиках операторов ЭТС, виртуальный тренажер и известные методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления и распространения информации.

Таким образом, информационная технология компетентностно-ориентированной подготовки, обеспечивающая реализацию компетентностной концепции подготовки с применением виртуальных тренажеров и формирование индивидуальной траектории освоения ЭТС оператором и заключающаяся в последовательном применении методов системного анализа, теории систем, теории множеств и имитационного моделирования, позволяет подготовить к реальной профессиональной деятельности каждого из подготавливаемых операторов ЭТС до необходимого уровня за единое установленное время, а централизация данных о результатах подготовки и личностных характеристиках операторов ЭТС делает процесс более эффективным.

Список литературы

1. Осипова, Г. В. Компетентностный подход в образовании [Электронный ресурс] / Информио. – Режим доступа : http://www.informio.ru/publications/id1961/Kompetentnostnyi-podhod-v-obrazovanii

2. Дедов, Д. Л. Виртуальный тренажерный комплекс предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера на основе моделирования деятельности человека-оператора / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов, 2012. – Т. 18. – С. 834-839.

3. Simulation images of external objects in a virtual simulator for training human-machine systems operators / V. Alekseev [and all] // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1278. – 012032.

4. Сысоев, П. В. Обучение по индивидуальной траектории / П. В. Сысоев // Язык и культура. – 2013. – № 4. – С. 121-131.

5. Толочек, В. А. Стили деятельности: Модель стилей с изменчивыми условиями деятельности / В. А. Толочек. – М. : Измайлово, 1992. – 77 с.

6. Холодная, М. А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума / М. А. Холодная. – 2-е изд., перераб. – СПб. : Питер, 2004. – 384 с.

7. Корнилова, Т. В. Подходы к изучению когнитивных стилей: двадцать лет спустя / Т. В. Корнилова, Г. В. Парамей // Вопросы психологии. – 1989. – № 6. – С. 140-147.

8. Микерова, Г. Ж. Алгоритм построения индивидуальной образовательной траектории обучения / Г. Ж. Микерова, А. С. Жук // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11-1. – С. 138-142.

9. Nye, B. D. Intelligent tutoring systems by and for the developing world: A review of trends and approaches for educational technology in a global context / B. D. Nye // International Journal of Articial Intelligence in Education. – 2015. – № 25. – P. 177-203.

10. The development of a testbed to assess an intelligent tutoring system for teams / D. Bonner [and all] // Workshops at the 17th International Conference on Articial Intelligence in Education. – AIEDWS 2015. – 2015.

11. Rahman, A. A. The architecture of agent-based intelligent tutoring system for the learning of software engineering function point metrics / A. A. Rahman, M. Abdullah, S. H. Alias // 2nd International Symposium on Agent, Multi-Agent Systems and Robotics. – ISAMSR 2016. – P. 139-144.

12. Ontology-based integration of adaptive educational systems / S. Sosnovsky [and all] // 16th International Conference on Computers in Education. – ICCE 2008. – P. 11-18.

13. Моделирование информационного воздействия на эргатический элемент в эрготехнических системах / В. В. Алексеев [и др.]. – М. : СТЕНСВИЛ, 2003. – 200 с.

14. Рыбина, Г. В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем / Г. В. Рыбина. – М. : Научтехлитиздат, 2008. – 482 с.

15. Рыбина, Г. В. Интеллектуальные системы: от А до Я. Серия монографий в 3 книгах: Книга 1. Системы основанные на знаниях. Интегрированные экспертные системы / Г. В. Рыбина. – М. : Научтехлитиздат, 2014. – 224 с.

16. Строгалев, В. П. Имитационное моделирование / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008. – С. 697-737.

Управление рисками ИТ-проекта на этапе внедрения

Е.А. Якунина, email: asd0995@mail.ru
О. В. Федорова, email: fiodorova_olga@rambler.ru

УВО «Университет управления «ТИСБИ»

Аннотация. *Статья посвящена управлению рисками ИТ-проекта на этапе внедрения. Внедрение информационной системы (ИС) – это очень сложный и дорогостоящий процесс, который требует от участников внедрения максимальных усилий для достижения положительного результата. Эффективное внедрение зависит от того, насколько своевременно будут выявлены риски ИТ-проекта. В настоящее время проблемы управления рисками при внедрении ИТ-проекта стоят особенно остро, потому что от эффективности их решения во многом зависит конкурентоспособность ИТ-проектов на рынке. Поэтому процесс управления рисками можно определенно назвать актуальным и необходимым для реализации ИТ-проектов. Управление рисками, конечно, охватывает полный цикл ИТ-проекта – от подготовки вплоть до завершения ИТ-проекта, однако наиболее значимым этапом будет анализ предстоящих рисков на этапе подготовки ИТ-проекта. Данная работа обязана проводиться совместно с заказчиком и с исполнителем ИТ-проекта. Риски, которые возникают при внедрении ИС, в основном связаны с обеспечением непрерывности работы организации и проблемами эксплуатации информационной системы. Авторами проведена работа по разработке матрицы рисков, внедряемого ИТ-проекта, которая нацелена на количественную оценку вероятности выявленного события, его наступления и чувствительности ИТ-проекта к нему. Проведен комплексный анализ причин и особенностей возникновения рисков при реализации ИТ-проекта, определены условия их предотвращения. Выводы авторов являются вполне обоснованными. Результаты работы могу быть полезны специалистам в области внедрения ИТ-проектов. Кроме того, статья имеет ориентированный характер при работе над составляющими элементами учебных программ для студентов специальностей информационных специальностей и управления, обеспечивает актуализацию содержания и структуры дисциплин по управлению рисками ИТ-проектов.*

Ключевые слова: *ИТ-проект, информационная система, управление, внедрение, матрица рисков.*

© Якунина Е. А., Федорова О. В., 2020

Введение

При внедрении ИС встречаются риски, характерные для большинства ИТ-проектов.

Под риском проекта подразумевают возможную, численно измеримую вероятность неблагоприятных ситуаций и связанных с ними последствий в виде вреда, убытков, неблагоприятного изменения главных управляемых параметров проекта.

Такие ситуации могут возникать в связи с неопределенностью, другими словами, со случайными изменениями условий финансовой деятельности, неблагоприятными, форс-мажорными обстоятельствами, а также в связи с возможностью получения неожиданного результата в зависимости от предпринятого либо не предпринятого действия. Поэтому процесс управления рисками можно определенно назвать актуальным и необходимым для реализации ИТ-проектов.

Управление рисками, конечно, охватывает полный цикл ИТ-проекта – от подготовки и до завершения ИТ-проекта, однако наиболее значимым этапом будет анализ предстоящих рисков на этапе подготовки ИТ-проекта. Данная работа обязана проводиться совместно с заказчиком и с исполнителем организации ИТ-проекта.

1. Управление рисками

Риски, которые возникают при внедрении ИС, в основном связаны с обеспечением непрерывности работы организации и проблемами эксплуатации информационной системы.

После первичной идентификации рисков небходимо оценить их условную значимость. Среди основных критериев выделяют два основных: вероятность возникновения риска и его последствия для ИТ-проекта. Каждый из данных критерий оценивается на основании экспертного мнения, а полученная значимость риска будет прямо пропорциональна величине вероятности и последствиям.

Благодаря данной оценке значимости риска составляется перечень, который в дальнейшем используется в исходных данных для разработки комплекса мероприятий, направленных на снижение влияния рисков, имеющих значимость выше определенного порога (с кое-какими рисками приходится просто мириться).

Способ оценки рисков включает в себя определение специалистами вероятность возникновения и степени негативного воздействия каждого риска на ИТ-проектов. Этот способ может существовать в различных вариациях построения таблицы, однако мы будем использовать шкалу с тремя последовательностями: высокая, средняя, низкая. Перечисленные

риски можно ранжировать по ранее предложенным критериям. Результаты проделанного анализа представим в таблице1.

Таблица 1

Определение величины критериев для выявленных рисков

Риски	**Вероятность возникновения**			**Степень воздействия**		
	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая
1.недостаточность функций ИС			+		+	
2.превышение бюджета		+			+	
3.превышение сроков выполнения ИТ-проекта	+			+		
4.ошибки планирования внедрения ИС в организацию	+				+	
5.некачественный анализ бизнес-процессов	+			+		
6.неэффективное использование ИС после ее внедрения	+					+
7.ррриски, связанные с человеческим фактором		+			+	
8.риски информационной безопасности	+			+		
9.технические риски		+		+		
10.квалификация команды внедрения			+	+		

В зависимости от того, какие были поставлены оценки, риск можно отнести к одной из следующих групп:

– Важные рисковые факторы (красная область) – необходимо применить срочные меры для снижения уровня риска.

– Значимые рисковые факторы (желтая область).

Таблица 2

Распределение рисков по критериям

Важные рисковые факторы	**Значимые рисковые факторы**	**Малозначимые рисковые факторы**
превышение сроков выполнения ИТ-проекта	ошибки планирования внедрения ИС в организацию	недостаточность функций ИС
некачественный анализ бизнес-процессов	неэффективное использование ИС после ее внедрения	Бюджет превышен
риски информационной безопасности	квалификация команды каждый внедрения	риски, связанные с человеческим фактором
технические риски		

Существуют некоторые универсальные рекомендации по снижению степени влияния рисков на результат ИТ-проекта. Часть проектных рисков моет быть уменьшена путем соблюдения соответствующих стандартов и методик выполнения проектов по внедрению ИС.

Риски, связанные с несоответствием или неточностью функций ИС требованиям организации, могут быть снижены, если использовать лучшие практики стандартов проектирования ИС, как раз для этого на предпроектной стадии проводится анализ рынка существующих программных продуктов. Риски, связанные с превышением бюджета и сроков выполнения проекта, могут быть снижены, если применить процедуру контроля бюджета и сроков и следовать проверенным методам управления ИТ-проектами.

Риски, связанные с неэффективным использованием после внедрения, можно снизить путем обучения пользователей, регламентации работы с информационной системой, предоставление необходимой справочной информации для пользователей, а также организацией эффективной поддержки и сопровождения ИС. И главным условием является постоянный мониторинг рисков, основанный на систематических отчетах о состоянии ИС.

Внедрение ИС приводит к тому, что число сотрудников, управляющих цепочкой, сокращается. Возрастают требования к качеству вносимых данных и к точности работы сотрудников. Поэтому во избежание рисков, связанных с человеческим фактором, необходимо закладывать дополнительные процессы (опции ИС), позволяющие

гарантировать качество вносимых данных, а также правильность принимаемых решений.

Риски, которые связанны с квалификацией команды внедрения, могут быть снижены, за счет наема квалифицированной команды, т.е. члены команды внедрения со стороны поставщика ИС должны иметь успешный опыт запусков ИС.

Риски, которые связаны с некачественным анализом бизнес-процессов, можно снизить, для этого процессы работы должны быть детально документированы. В этом случае особое внимание следует уделить исключительным ситуациям. Например, должны быть описаны все ветви бизнес-процессов.

Тестирование является одним из самых трудоемких этапов внедрения. Перед началом тестирования следует разработать его подробный план. Тестирование обязательно должно включать моделирование всех исключительных ситуаций. На итоговом интеграционном тестировании важно проверить все процессы, включая исключительные ситуации, с привлечением нескольких сотрудников, использующих несколько радиотерминалов.

Другим важным риском является подготовка к переходу на новую систему. Перед запуском ИС надо разработать план перехода, в котором детально прописать и согласовать все работы. В плане следует четко указать, кто, когда и в каком формате готовит данные справочников для ИС.

Технические риски связаны с техникой, т.е могут произойти отказы и сбои в работе оборудования и т.д. Данные риски нельзя избежать, но их можно котроллировать. Необходимо правильно использовать технические устройства.

Риски информационной безопасности связаны с утечкой конфидициальности информацией, потерей или недоступностью важных данных, использованием неполной или искаженной информацией. Для снижения рисков необходимо провести тщательное исследование ИС, проанализировать полученные данные, создать модели угроз и нарушителей информационной безопасности, разработать рекомендации по минимизации существующих рисков.

С целью выявления наиболее значимых рисков, могущих оказать влияние на эффективность ИТ-проекта, была построена матрица рисков, приведенная на рисунке 1.

.

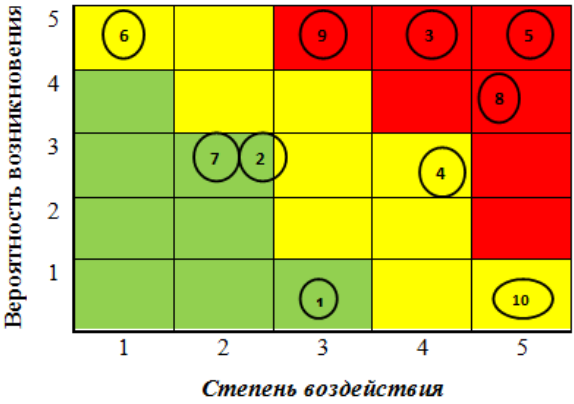


Рис. 1. Матрица рисков ИТ-проекта

Проекты внедрения ИС имеют ряд особенностей, которые отличают их от других видов проектов. Они следуют из того факта, что любой такого рода проект – это реорганизация системы управления организацией.

Одной из отличительных особенностей проектов внедрения ИС является отсутствие ясности во всем перечне работ, которые должны быть выполнены в ходе проекта, моменты, относящиеся, как правило, к тактическим задачам, которые не могут быть оценены и спланированы конкретным образом до начала проекта.

Заключение

Проведен анализ особенностей проявления рисковых факторов на различных жизненных стадиях внедрения ИТ-проекта и предложены пути снижения рисков. Управление рисками на различных стадиях жизненного цикла проекта повышает эффективность его реализации, способствует успешному завершению проекта, т.е. достижению поставленных целей и уменьшает вероятность неэффективной реализации проекта.

2. Список литературы

1. Грей, К.Ф., Ларсон, Э.У. Управление проектами: практическое руководство. / К.Ф. Грей, Э.У. Ларсон . М.: КНОРУС, 2013. – 528 с.

2. Омарова, З.Н. Управление рисками инновационных проектов / З.Н. Омарова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – №3. – С.379-380.

3. Песоцкая, Е.Ю. Необходимость управления рисками в области ин- формационных технологий / Е.Ю. Песоцкая // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №6. – С.48-52.

4. Попова, А.Ю.Оценка риска инвестиционного проекта / А.Ю.Попова // Экономика и экономические науки. – 2006. – №19.—С.1-26.

5. Разу, М.Л. Управление проектом. Основы проектного управления. / М.Л.Разу – М.: КНОРУС, 2016. – 768 с.

6. Сингина, А. А. Взгляд на управление рисками информационных си- стем / А. А. Сингина// Молодой ученый. – 2011. – №6. – С. 101-105.

7. Слюсаренко, Андрей. Управление рисками в проектах внедрения информационных систем управления предприятием. CIO №7, 2008.

8. Якунина, Е.А. Анализ ИТ-рисков. // Наука и образование: проблемы и перспективы. Ежегодная научно-практическая конференция с международным участием (Казань, 7 декабря 2018 г.)/ Под ред. Прусс Н.М., А.А. Аюпова.- Казань: Университет управления «ТИСБИ», 2018. – 236 с.

Секция 6
Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска

Опыт визуализации маркемно-генеалогических Р-связей в британской прозе XVII-XX веков

О.Г. Артемова, email:olgaartemova65@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается построение генеалогического древа, как способа визуализации маркемно-генеалогических Р-связей, устанавливаемых между британскими прозаиками XVII-XX веков.*

Ключевые слова: *маркема, лингвостатистический анализ, генеалогическое древо, визуализация*

Введение

Применение метода маркемного анализа, разработанного А.А. Кретовым, позволяет формализовать содержательный анализ литературного текста и на его основе исследовать близость английских прозаиков XVII-XX веков с последующей визуализацией полученных данных в виде графиков, гистограмм, графов, кластеров, семантических сетей и их содержательной интерпретацией [1]. Установление взаимосвязи различных авторов способствует обнаружению преемственности в литературе и выявлению маркемной генеалогии (МГ) исследуемых авторов [2-4].

Одним из способов воссоздания МГ-связи поколений является построение ретроспективного генеалогического древа. Точкой отсчета в ретроспективной МГ является последний «потомок», от которого идет воссоздание МГ-связей с предшествующими поколениями авторов вплоть до установления его «предка-родоначальника». Следовательно, ретроспективная МГ устанавливает для каждого из исследуемых авторов его литературного «предка» – автора, у которого он учился и за кем следовал [5].

1. Методология исследования

В предлагаемой статье **объектом** исследования являются доступные в электронном виде произведения 128 писателей, представляющих 8 хронологических срезов: 1) первая половина XVII века (Срез 17-1) – Алабастер, Бэкон, Деккер, Б. Джонсон, Донн, Миддлтон, Мэссинджер, Роули, Рэли, Уэбстер, Флетчер, Форд, Т. Хейвуд, Чапмен, Шекспир, Шерли; 2) вторая половина XVII века (Срез

© Артемова О.Г., 2020

17-2) – Бэньян, Бен, Брэтуэйт, Гоббс, Драйден, Каули, Локк, Мэкензи, Мильтон, Отвей, Пепис, Сейлз, Уичерли, Хэд, Эвелин, Этеридж; 3) первая половина XVIII века (Срез 18-1) – Аддисон, Арбетнот, Дж. Баркер, Гей, Дефо, Конгрив, Монтегю, Эд. Мур, Ричардсон, Свифт, Стил, Филдинг, Эл. Хейвуд, Честерфилд, Шефтсбери, Эстел; 4) вторая половина XVIII века (Срез 18-2) – Бейдж, Берни, Берк, Годвин, Голдсмит, С. Джонсон, Льюис, Остин, Рэдклиф, С. Скотт, Смоллетт, Стерн, Уолпол, Уолстоункрафт, Холкрофт, Шеридан; 5) первая половина XIX века (Срез 19-1) – Ш. Бронте, Энн Бронте, Булвер-Литтон, Гаскелл, Б. Дизраэли, И. Дизраэли, Карлейль, де Квинси, Кольридж, Лэм, Марриет, Мэтьюрин, В. Скотт, Теккерей, Хэзлитт, М. Шелли; 6) вторая половина XIX века (Срез 19-2) – Батлер, Гарди, Гиссинг, Гринвуд, Диккенс, Кингстон, Коллинз, Мередит, Дж. Мур, Рёскин, Майн Рид, Ч. Рид, Стивенсон, Троллоп, Уайлд, Элиот; 7) первая половина XX века (Срез 20-1) – Беннет, Вулф, Голсуорси, Дж. К. Джером, Киплинг, Конан Дойл, Конрад, Кристи, Лоуренс, Моэм, Оруэлл, Уэллс, Фарнол, Хаггард, Хаксли, Честертон; 8) вторая половина XX века (Срез 20-2) – Акройд, Баллард, К. Баркер, Бёрджесс, Голдинг, Грин, Л. Даррелл, Лессинг, Мёрдок, О'Брайан, Пратчетт, Силлитоу, Сноу, Фаулз, Хиггинс (псевдоним британского романиста Гарри Паттерсона), Эмис. Тексты для исследования выбраны, преимущественно, из коллекции «Проект Гутенберга». Общее количество словоформ – 173 665 947.

Предметом исследования является визуализация ретроспективных МГ-связей британских прозаиков XVII-XX веков.

Для установления ретроспективной МГ и последующей визуализации ретроспективных МГ-связей применяется метод лингвостатистической генеалогии (ЛСГ) [6]. Метод ЛСГ заключается в определении для каждого писателя ближайших к нему по величине *Индекса Маркемной Близости* (ИМаБа) авторов в предыдущих («предок») и в последующих («потомок») хронологических срезах. Определение ИМаБа и процедура его вычисления подробно изложены в работах [7; 8]. При ретроспективной МГ среди писателей предшествующих срезов устанавливается автор (Р-«предок»), чья маркемная система оказывается наиболее близкой маркемной системе данного автора (Р-«потомок»). Результатом является установление для каждого Р-«потомка», принадлежащего Срезам 17-2 – 20-2 его (Р-«предка» в Срезах 17-1 – 20-1.

При описании ретроспективных МГ-деревьев используются термины *семья*, *семейство*, *МГ-род*. ***Семья*** – это совокупность, состоящая только из автора-Р-«предка» и его Р-«потомков. ***Семейство*** – объединение нескольких *семей*, связанных между собой отношениями

«предок–потомок» и имеющих лишь опосредованную – через «главу (старшего предка) семейства» – связь с другими его членами. ***МГ-род*** – это объединение *семейств*, имеющих общего МГ-«предка»

2. Исследование

Структура ретроспективного генеалогического древа при нисходящем хронологическом анализе от Среза 17-1 к Срезу 20-2 характеризуется дивергентностью МГ-связей, что обусловлено наличием у значительного числа Р-«предков» более одной связи с Р-«потомками» в нисходящих срезах. Это дает возможность выделить группы авторов, возводящих свое «происхождение» к общему МГ-«предку». В Срезах 17-1 – 20-1 статус Р-«предка» приобретают 36 авторов, создающих, соответственно, 36 «семей». Как правило, Р-«потомки» располагаются в следующем за Р-«предком» срезе.

Визуализация ретроспективных МГ-связей позволяет установить МГ-связи между отдельными «семьями», выделить на их основе «семейства», систематизировать сложившиеся между «семействами» МГ-связи и проследить, таким образом, структуру МГ-рода. На Рисунке 1 представлено два изолированных «семейства», главами которых являются Бэкон и Рэли.

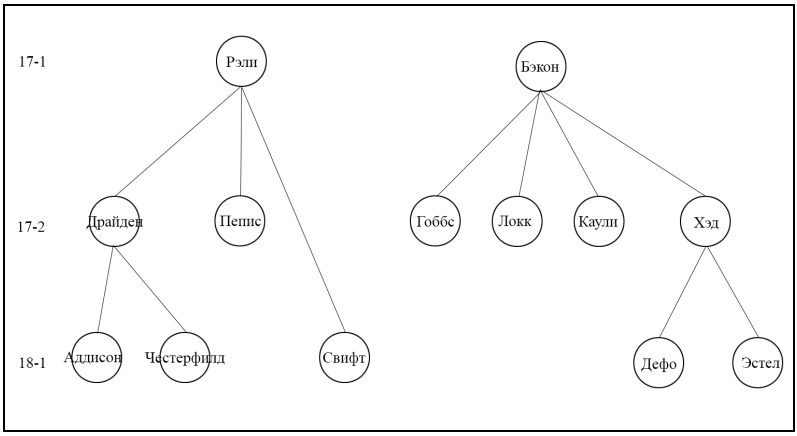


Рис. 1. Изолированные «семейства» Бэкона и Рэли

Рэли, как глава «семейства», опосредует связь своих прямых Р-«потомков» − Драйдена, Пеписа, Свифта – друг с другом и Р-«потомков» «семьи» Драйдена – Аддисона и Честерфилда – с Пеписом и Свифтом. Аналогичная структура характеризует «семейство» Бэкона, в составе которого выделяются прямые Р-«потомки» Бэкона (Гоббс, Локк,

Каули, Хэд) и Р-«потомки» второго поколения (Дефо, Эстел), представляющие «семью» Хэда.

Рисунок 2 визуализирует структуру МГ-рода Шерли.

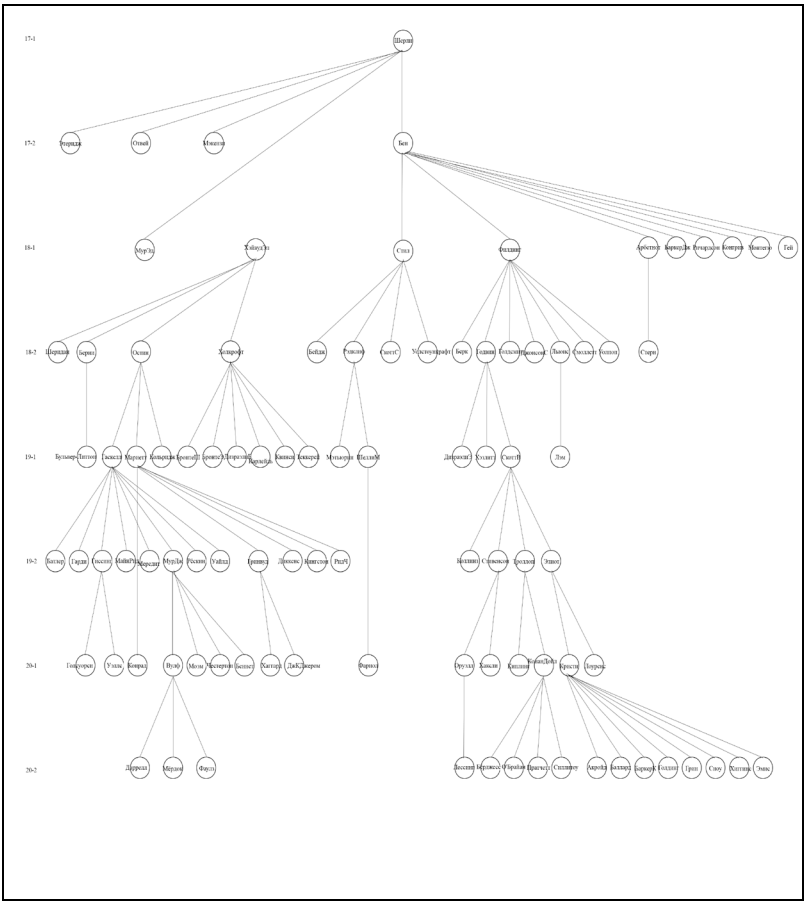


Рис. 2. МГ-род Шерли

Главой первого «семейства» МГ-рода Шерли и родоначальником «семейств» Стила (18-1), Филдинга (18-1), Эл. Хейвуд (18-1) является Бен (17-2). Стил – родоначальник одного «семейства» − Рэдклиф (18-2), пресекающегося в Срезе 20-1. Филдинг также становится родоначальником одного «семейства» − Годвина (18-2), а Годвин – родоначальником «семейства» В. Скотта (19-1). В. Скотт становится

родоначальником трех «семейств» − Стивенсона (19-2), Троллопа (19-2), Элиот (19-2), второе поколение Р-«потомков» которых – Акройд, К. Баркер, Баллард, Бёрджесс, Голдинг, Грин, Лессинг, О'Брайан, Пратчетт, Силлитоу, Сноу, Хиггинс, Эмис – представляют Срез 20-2. Эл. Хейвуд становится родоначальником «семейства» Остин (18-2), которая, в свою очередь становится родоначальником двух «семейств» − Марриета (19-1) и Гаскелл (19-1). «Семейство» Марриета пресекается в Срезе 20-1, а Гаскелл становится родоначальником «семейства» Дж. Мура (19-2), второе поколение Р-«потомков» которого представляют авторы Среза 20-2 – Л. Даррелл, Мёрдок, Фаулз. Следовательно, авторы Среза 20-2 становятся Р-«потомками» 11 из 14-ти «семейств», составляющих МГ-род Шерли − Бена (17-2), Филдинга (18-1), Эл. Хейвуд (18-1), Годвина (18-2), Остин (18-2), В. Скотта (19-1), Гаскелл (19-1), Дж. Мура (19-2), Стивенсона (19-2), Троллопа (19-2), Элиот (19-2). Своих Р-«потомков» в Срезе 20-2 не имеют 3 «семейства» − Стила, Рэдклиф и Марриета, которые пресекаются в Срезе 20-1.

МГ-связь между авторами, составляющими МГ-род **Шерли** опосредована **Беном** (17-2) – «старшим Р-предком» «семейства» **Бена** (17-2).

Таким образом, в Срезе 17-2 Р-«потомками» МГ-род **Шерли** являются 4 автора – Бен, Отвей, Этеридж, Мэкензи. В Срезе 18-1 их число увеличивается уже до 10 авторов - Арбетнот, Дж. Баркер, Ричардсон, Конгрив, Монтегю, Гей, Эд. Мур, Эл. Хейвуд, Филдинг, Стил. Начиная со Среза 18-2, Р-«потомками» **Шерли** являются все без исключения авторы каждого последующего среза: Срез 18-2 – Остин, Годвин, Уолпол, Голдсмит, Смоллетт, Берк, С. Джонсон, Рэдклиф, Бейдж, С. Скотт, Уолстоункрафт, Стерн, Шеридан, Берни, Холкрофт, Льюис; Срез 19-1 – Кольридж, Гаскелл, Бульвер-Литтон, Э. Бронте, Ш. Бронте, Карлейль, Б. Дизраэли, Теккерей, Квинси, В. Скотт, И. Дизраэли, Хэзлитт, Лэм, М. Шелли, Марриет, Мэтьюрин; Срез 19-2 – Дж. Мур, Батлер, Майн Рид, Рёскин, Уайлд, Гарди, Мередит, Гринвуд, Диккенс, Ч. Рид, Кингстон, Элиот, Троллоп, Стивенсон, Коллинз, Гиссинг; Срез 20-1 – Вулф, Беннет, Моэм, Честертон, Голсуорси, Уэллс, Конрад, Дж. К. Джером, Хаггард, Кристи, Лоуренс, Конан Дойл, Киплинг, Оруэлл, Хаксли, Фарнол; Срез 20-2 – Даррелл, Мёрдок, Фаулз, Акройд, Баллард, К. Баркер, Голдинг, Грин, Сноу, Хиггинс, Эмис, Бёрджесс, Пратчетт, Силлитоу, О'Брайан, Лессинг.

Исходя из этого, можно заключить, что, начиная со Среза 18-2, маркемная система МГ-рода **Шерли** становится единственной маркемной системой в британской прозе.

В ретроспективной МГ-изоляции находятся авторы Среза 17-1 – Алабастер, Деккер, Уэбстер, Миддлтон, Т. Хейвуд, Форд, Шекспир, Чапмен. Получение ими статуса автора-«одиночки» обусловлено отсутствием у них МГ-связей Р-«предок–Р-«потомок».

Заключение

Применение метода лингвостатистической генеалогии позволяет выделить группы авторов, возводящих свое «происхождение» к общему МГ-«предку». Применяемый в исследовании способ визуализации данных в виде генеалогического древа обеспечивает наглядную интерпретацию полученных данных, позволяет выделить образуемые авторами «семьи», «семейства» и МГ-род. Старшими Р-«предками» «семейств» являются Бен (17-2), Стил (18-1), Филдинг (18-1), Эл. Хейвуд (18-1), Годвин (18-2), Остин (18-2), Рэдклиф (18-2), В. Скотт (19-1), Гаскелл (19-1), Марриет (19-1), Дж. Мур (19-2), Стивенсон (19-2), Троллоп (19-2), Элиот (19-2). Родоначальниками двух изолированных «семейств» являются Бэкон и Рэли. Оба «семейства» появляются в Срезе 17-1 и пресекаются в Срезе 18-1. МГ-род Шерли объединяет 95 из 128-ми авторов. Среди Р-«потомков» Шерли находятся все без исключения авторы Срезов 18-2 – 20-2. МГ-связь между авторами, составляющими МГ-род **Шерли** опосредована Беном (17-2).

В ретроспективной МГ-изоляции находятся авторы Среза 17-1 – Алабастер, Деккер, Уэбстер, Миддлтон, Т. Хейвуд, Форд, Шекспир, Чапмен.

Список литературы

1. 1. Кретов, А.А. Метод формального выделения тематически нейтральной лексики (на примере старославянских текстов) / А. Кретов // Вестник ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии. – 2007. – № 1. – С. 81-90.

2. Артемова, О.Г. Эволюция маркемной лексики на основе исследования маркем в хронологических срезах / О.Г. Артемова, Э.П. Комарова, А.А. Кретов // Язык и культура. – 2018. – № 42. – С. 19-38.

3. Артемова, О.Г. Исследование связующих маркем в британской прозе второй половины XVII века / О.Г. Артемова, А.А. Кретов // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. – 2018. – № 53. – С. 70-88.

4. Фаустов А.А. Понятие маркемы и предварительные итоги маркемного анализа русской литературы / А.А. Фаустов, А.А. Кретов // Вестник ВГУ. Серия Лингвистика и межкультурная коммуникация: Научный журнал. – 2017, № 4. Октябрь-декабрь, С.16-31.

5. Кретов А.А. Отцы и дети русской классической литературы (опыт маркемной генеалогии). Статья первая: Свидетельство авторов второй половины XVIII века / А.А. Кретов // Филологические записки : Вестник литературоведения и языкознания. 2019. Вып. 33 : в 2 ч. Ч. 1. / гл. ред. – А. А. Фаустов ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019, С.134-138.

6. Кретов А.А. Лингвостатистическая генеалогия в русской литературе XVIII – начала XX вв. / А.А. Кретов, М.В. Катов, А.А. Фаустов // Проблемы компьютерной лингвистики: Сборник научных трудов / Под ред. А.А. Кретова. – Вып. 4. – Воронеж, 2010, С.114-125.

7. Артемова О.Г. Формализация и визуализация маркемных отношений в английской художественной прозе первой половины XX века / О.Г. Артемова // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. материалов XIX международной научно-методической конференции (Воронеж, 14-15 февраля 2019). – Воронеж, 2019. – С. 1590-1596.

8. Артемова О.Г. Связующие маркемы в британской прозе второй половины XIX века / О.Г. Артемова, Э.П. Комарова, А.А. Кретов // Язык и культура. – 2018. – № 43. – С. 6-32.

Решение задачи формирования топологической первоосновы на основе матрицы отношений

Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
М. В. Евсеева, email: m.euseeva2010@yandex.ru
М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Данная работа посвящена рассмотрению задачи формирования топологической первоосновы вектора значений амплитуд на основе матрицы отношений. Эти две модели характеризуют топологическое пространство возможных проявлений, а с их помощью можно описывать звуковой поток и соответственно иметь основу для сравнения. В работе предложен алгоритм построения топологической первоосновы на основе матрицы отношений и представлена программа его реализующая.*

Ключевые слова: *характерные точки, матрицы отношений, топологическая первооснова, топологическое пространство проявлений, распознавание.*

Введение

В рамках исследований по распознаванию информационного содержания волн предложено осуществлять их структуризацию с использованием матрицы отношений. Отношения устанавливаются между, так называемыми, характерными точками.

1. Характерные точки

Рассмотрим не непрерывную функцию, связанную с волнами, например, такую, как $\psi = \lambda \sin(x)$, а некоторую функцию, образованную в процессе дискретизации входного сигнала, в виде вектора значений $y_i = F(t_i)$, где значения функций непрерывной $\psi(x)$ и дискретной $F(t)$ функций, в точках x_i и t_i совпадают. Стоит особо обратить внимание на то, что непрерывная функция не обязательно должна быть синусоидальной и более того может фиксировать колебательный процесс как разрывное явление, например снятие показателя восхода солнца при метеонаблюдении.

© Балакирев Н. Е., Евсеева М. В., Фадеев М. М., 2020

Предполагая, что если $\forall t_i \,\&\, \forall x_i$, $\exists \psi_i$, в данном рассмотрении, вообще говоря, непрерывная функция, и такая, что $\left|F(t_i)-\psi(x_i)\right| \le \varepsilon$, То для любого промежуточного значения $x_i \in X$, которое лежит между точками t_i и t_{i+1}, мы можем получить значение y_i относительно функции ψ. Т. е.

$$y_i = \psi(x_i) \tag{1}$$

Где $x_i \in X$ в промежутке $\left[i; i+1\right]$.

При игнорировании промежуточных значений наличие такой функции $\psi(x)$ гарантирует нам их восстановление, на всем промежутке значений от t_i и t_{i+1}. Точность такого восстановления будет выше при уменьшении шага дискретизации.

Точно таким способом можно обеспечить вычисление приближенного значения функции поведения волны, увеличив интервал между рассматриваемыми точками не выводящей за пределы устанавливаемой точности. То есть, последовательность дискретных точек $\left\{t_1, t_2, \ldots t_n\right\}$ мы можем заменить на некоторую неравномерную по расстоянию между ними последовательность $\left\{t_{k^1}, t_{m^2}, \ldots t_{n^l}\right\}$ точек, и восстановить (обратная операция), но быть может, с большей, но приемлемой погрешностью получаемого значения у. Но, хотелось бы, чтобы такая последовательность имела разумное основание для выбора таких «опорных» точек. Учитывая специфику волновых функций и её дискретное представление, предложим, пожалуй, единственных кандидатов на такие «опорные», как мы их назвали, характерные точки. Если кратко, это точки перелома значений амплитуд от возрастающих, к убывающим значениям и наоборот.

Покажем формальное основание для существования таких точек. С учетом ограниченности пространства значений в рамках верхней и нижней грани и повторяемости значений в пределах дискретной последовательности значений существует интервал Δ, когда для непрерывной функции верно равенство $\psi\left(t_i\right) = \psi\left(t_i + \Delta\right)$. Тогда для дискретной последовательности, всегда существует такая точка t_m, лежащая в интервале $\left[t_i \le t_m \le t_{i+\Delta}\right]$, что

$\forall k \in \left[t_i \div t_{m-1}\right] \& \forall n \in \left[t_{m+1} \div t_{i-\Delta}\right]$ будут соблюдаться следующие неравенства:

$$F(t_k) > F(t_m) \& F(t_m) < F(t_n) \quad (2)$$

$$F(t_k) < F(t_m) \& F(t_m) > F(t_n) \quad (3)$$

$$F(t_k) = F(t_m) \& F(t_m) < F(t_n) \quad (4)$$

$$F(t_k) = F(t_m) \& F(t_m) > F(t_n) \quad (5)$$

$$F(t_k) > F(t_m) \& F(t_m) = F(t_n) \quad (6)$$

$$F(t_k) < F(t_m) \& F(t_m) = F(t_n) \quad (7)$$

Возможные случаи, когда:

$$F(t_k) > F(t_m) \& F(t_m) > F(t_n) \quad (8)$$

$$F(t_k) < F(t_m) \& F(t_m) < F(t_n) \quad (9)$$

Определяет пустое множество характерных точек. Но на практике такие случаи возможны на относительно малом участке, но так или иначе любая запись в силу невозможности бесконечного роста или уменьшения значения амплитуды «порождает» характерные точки, т. е. будет удовлетворяться неравенствам (2)-(7).

В рассматриваемой последовательности такие точки пометим дополнительным верхним индексом t_i^1 и тогда получим последовательность

$\left\{t_1, t_2, \ldots t_{\kappa-1}, t_\kappa^1, t_{\kappa+1}, \ldots t_{m-1}, t_m^2, t_{m+1}, \ldots t_{n-1}, t_n^q, t_{n+1}\right\}$.

Такое подмножество последовательности дискретных точек или отсчетов (в нашем случае $\left\{t_\kappa^1,\ t_m^2, \ldots t_n^q\right\}$), где происходит смена тенденции в развитии колебательного процесса, мы назовем множеством характерных точек. По этим точкам легко проглядывается характер поведения волны и на их основе можно сопоставлять волны, в отличие от любой промежуточной точки, находящейся между двумя «перегибами». Следует подчеркнуть, что такая характерная точка, в подавляющем числе случаев, является ближайшей точкой к значению локального максимума или минимума.

Далее мы будем определять отношения существующих характерных точек, интересуясь только тем, как соотносятся эти точки

между собой. Таким образом, мы интересуемся точками перегиба, в которых $F(t_i)$ меняет свое качественное содержание с точки зрения отношений (был подъем, а после точки t_6^1), а с количественной точки зрения, мы улавливаем примерные границы изменения определенной длины волны с точностью до её половины.

Интуитивно понятно, что множество функций, которые отражают распознаваемое звучание, будут проходить через подобные характерные точки, повторяя в определенной степени неизменность отношений по всему потоку амплитуд в этих опорных точках для одинаковых звуков. Вокруг этих точек образуется топологическое пространство возможностей представления одного и того же содержания звука с разными уровнями энергии звучания, которое с человеческой точки зрения может рассматриваться, например, как фонема. Кроме этого, по характерным точкам, в полной мере, возможно восстановление промежуточных значений при знании функции поведения на участке между характерными точками. Однако, не обязательно предполагать, что функции поведения совпадают на каждом участке между характерным точками и, таким образом, рассматривать не стационарные процессы «поведения» волн. Более того, характерные точки становятся «разметочной последовательностью», разбивая поток сигналов на «долины» постоянства поведения (постоянное увеличение или уменьшение значения амплитуд) и перевалы, отделяющие их друг от друга. Опираясь на такую не равномерную разметку, проще сопоставлять отдельные участки потока сигналов.

И так, отдельного рассмотрения требует совокупность характерных точек, которая представляет на отдельных участках единую в рассматриваемой нами интерпретации знаковую систему.

2. Матрица отношений

Безусловно, рассматриваемый набор точек, должен соответствовать полносвязанному графу [1], в силу наложения и взаимного влияния волн, которые проявляются в виде суммы волн, распространяемых в одном пространстве. Таким образом, мы должны установить отношения “каждый с каждым” и, при рассмотрении отношений между значениями характерных точек, логично приходим к представлению в виде матрицы отношений. Но, в отличие от фиксации факта связи в виде матрицы смежности или матрицы инцидентности, используемых в теории графов, предлагается новый вид – матрица отношений, в которой значения это качественные характеристики в виде соответствующих отношений. Переход на такое представление позволяет

абстрагироваться от значения амплитуды и получить конфигурацию изменения поведения волны на всем интервале выбранной последовательности отсчетов [2].

Полная матрица отношений – это матрица, в которой столбы и строки определяют рассматриваемые характерные точки, между которыми установлены отношения. На пересечении строки и столбца проставляется значение отношения между этими точками с цифровой кодировкой, которая обозначает следующее: 0 – пустое значение, 1 – меньше, 2 – больше и 3 – равенство. Такие значения проставляются с учетом сравнения соответствующих амплитуд рассматриваемых пар точек. Сравнение любой точки с этой же точкой (сама с собой) исключается, таким образом, главная диагональ такой матрицы будет нулевой. Кроме этого, следует заметить, что информация в нижней части такой матрицы дублируется, как противоположное значение для отношений больше и меньше и неизменное значение – для равно. Это тривиально следует из того, что, если $A > B$, то $B < A$ и наоборот, а при. отношении равенства является неизменным. Таким образом, объем матрицы можно уменьшить и рассматривать верхнюю треугольную матрицу, которую и будем использовать в качестве основной и называть матрицей отношений (рис.1). При необходимости такая матрица может быть дополнена до полной матрицы отношений. Диагональ матрицы, несмотря на 0 значение в каждом её элементе, выделена специальным символом «⊗» для удобства описания специальных операций, производимых с такими матрицами. Пустые клетки матрицы также заполняются нулевыми значениями, но без использования специального символа, для простоты представления.

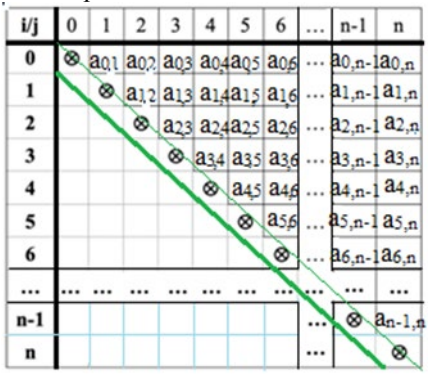


Рис. 1. Матрица отношений.

Такое представление назовем качественной оценкой (представлением) волны, так она отражает качественную картину поведения волны безотносительно числовых показателей. То есть, множество значений в матрице означают показатели качественного характера, число которых соответствует числу связываемых отношений на множестве характерных точек. Этим показателям отношений, которые могут нести разные сущности и разного диапазона их проявлений, можно присвоить некоторое значение в некотором алфавите такого представления. Примером, что отношения могут нести не только триаду $(>,<,=)$ вышеуказанных отношений, а иметь большее число градаций, можно увидеть из словесных оценок окружающих нас объектов или субъектов: очень маленький, маленький, средний, большой и очень большой человек.

Матрица отношений отражает качественную картину (конфигурацию) для конкретного множества проявлений энергетического состояния рассматриваемых характерных точек волны, попадающих в единый класс отношений, т. е. имеющих одну и ту же матрицу отношений. Но такую же матрицу отношений могут иметь и другие множества проявлений энергетического состояния рассматриваемых характерных точек волны. Таким образом, можно рассматривать и обратную задачу, когда относительно непротиворечивой матрицы определяется множество множеств возможных проявлений энергетических состояний характерных точек волны. Такая комбинация возможных проявлений, образует связанную систему, которая представляет собой топологическое пространство с единой маркирующей моделью в виде единой матрицы отношений. Каждый из участков волны может быть охарактеризован такими отношениями и соответственно можно предопределить топологическое пространство возможный проявлений, что в свою очередь определяет пространство возможных значений каждой характерной точки неразрывно связанной с другими соседними точками единой «картиной» отношений. В совокупности при использовании таких матриц можно дать качественную характеристику переходных процессов на всем протяжении волны, «прочитываемую» или отождествляемую в виде последовательности матриц отношений.

Основываясь на такой матрице, можно получить канонический набор значений в виде вектора, которым может характеризовать всё пространство возможных проявлений в канонической форме, обладающей характерным обобщающим свойством. Такой вектор значений характерных точек будем называть топологической первоосновой. В качестве такой первоосновы можно взять вектор с

совокупным набором последовательности минимальных значений для получения рассматриваемой матрицы отношений. Очевидно, что рассматриваемый вектор должен состоять из неупорядоченной последовательности значений, количество которых соответствует числу характерных точек, однозначно отображаемой на числовой ряд, начиная с единицы до числа, не превышающего максимального значения в таком векторе. Отсюда возникает задача в получении такого вектора топологической первоосновы, который может быть получен из матрицы отношений с учетом вышесказанного.

3. Алгоритм получения топологической первоосновы

И так, Задача состоит в создании алгоритма, дающего возможность по матрице отношений построить топологическую первооснову в виде вектора координат по оси 0Y, который соответствует матрице отношений с минимальным координатным отличием между точками.

Основной смысл формирования координаты по оси 0Y (по оси 0X координата соответствует номеру точки), заключается в увеличении «потенциала» точки при её доминировании (она больше по отношению к рассматриваемым точкам) по отношению к любой другой точке. Если точка, определяемая по строке, выше точки, рассматриваемой по столбцу, то ей добавляется 1. Если точка, определяемая по строке, ниже точки, рассматриваемой по столбцу, то к номеру соответствующего столбца прибавляется 1. В итоге, пробежав по всем отношениям, окажется, что та точка, которая доминирует относительно других точек, наберет больше всего 1.

Такой алгоритм был реализован на основе языка С и в настоящее время встраивается в разработанную инструментальную систему.

```
for (i = 0; i < matrixSize; ++i)
{
    for (j = i + 1; j < matrixSize; ++j)
    {
        if (matrix[i][j] == 1)
        {
            points[j] = points[j] + 1;
        }
        else if (matrix[i][j] == 2)
        {
            points[i] = points[i] + 1;
        }
    }
}
```

Рис. 2. Листинг алгоритма.

Заключение

Представление информационного содержания потока значений амплитуд в виде матрицы отношений позволяет описать его в модельном виде на качественном уровне, но весьма неудобен с точки зрения анализа. Визуальное представление широко применимо в анализе данных, включая осциллограмму. Поэтому получение вектора значений амплитуд на основе матрицы отношений решает задачу графического представления на качественном уровне в единой канонической форме топологического пространства возможных проявлений. Визуализация вектора значений амплитуд и сравнение топологических пространств возможна на основе созданного инструментария для исследований информационного содержания волн [5]. Всё это является дальнейшим шагом в изучении информационного содержания любых волн.

Список литературы

1. Уилсон Р. Введение в теорию графов. – М.: Мир, 1977. –208 с;
2. Балакирев Н.Е. Логико-лингвистический подход по распознаванию содержания физических волн / Н. Е. Балакирев // Материалы XV Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 12-13 февраля 2015 г.). – Воронеж, 2018. – том 1. – С. 31-36.
3. Балакирев Н.Е. Количественная и качественная оценка исследуемых объектов на примере простейших отношений // Вестник ВГУ, серия: 2. Системный анализ и информационные технологии, 2016, № 2 – 188с.
4. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4. – С. 768-776.
5. Балакирев Н.Е., Евсеева М.В., Нгуен Хоанг Зуй, Фадеев М.М. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев, М. В. Евсеева, Нгуен Хоанг Зуй, М. М. Фадеев // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. В.В. Губарева (Новосибирск, 11-13 девабря 2018 г.). – Новосибирск, 2018. – С. 22-28.

Анализ алгоритмов сравнения текстов на русском языке

А.А. Бандурина [1], email:merci1509@yandex.ru

[1] Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Представлены результаты анализа существующих алгоритмов сравнения текстов на русском языке, на основании которых сделан вывод о необходимости применения средств компьютерной лингвистики для улучшения существующих алгоритмов сравнения текстов.*

Ключевые слова: *алгоритм шинглов, сравнение текстов на русском языке, антиплагиат, анализ алгоритмов сравнения текстов.*

Введение

В настоящее время проблема определения оригинальности текста и его первоисточника стоит достаточно остро. Современный человек окружен большим количеством информации, которая находится в открытом доступе и количество которой постоянно увеличивается. Информационные технологии дают пользователям возможность не только создания, но и распространения больших объемов информации, что приводит к увеличению дублирования, а также видоизменения оригинальных данных. Наиболее распространенной формой представления и распространения данных является текстовая. Внести изменения в текстовые данные компьютерными средствами также является достаточно простой задачей. Поэтому крайне актуальным является создание и развитие средств автоматизации сравнения текстовых данных.

Существует ряд алгоритмов сравнения текстов. Примерами таких алгоритмов являются: алгоритм шинглов, алгоритм diff, алгоритм Бойера-Мура, алгоритм Cosine Similarity и др. [1] В перечисленных алгоритмах сравнения любой текст рассматривается как последовательность символов, не погружаясь на «смысловой уровень». Данная проблема связана с особенностями естественно-языковых текстов и сложностью языковых конструкций: сочетанием фраз – одни и те же слова могут иметь разное значение, совпадением форм слов, переносными значениями и др. [2]

© Бандурина А.А., 2020

Вследствие этого возникает потребность в более глубоком изучении алгоритмов сравнения текстов и последующего анализа полученных результатов.

1. Обзор существующих алгоритмов сравнения текстов на русском языке

Для исследования были выделены следующие алгоритмы:

Алгоритм шинглов был предложен в середине 90-х годов А. Бродером [3]. Идея алгоритма шинглов заключается в том, что текст представляет собой последовательность фиксированных слов - шинглов, состоящих из соседних слов.

Алгоритм diff был разработан в начале 1970-х годов [4]. Работа алгоритма diff основана на нахождении наибольшей общей подпоследовательности текстов.

Алгоритм «Cosine Similarity» основан на модели, в которой строятся векторные представления текстов, и рассчитывается косинус угла между векторами [5]. В векторной модели документ рассматривается как неупорядоченное множество термов. Термы - слова, из которых состоит текст или такие элементы текста, как даты, числа, сокращения, наименования и др.

Алгоритм «Surrounding Context N-Grams» является модификацией алгоритма шинглов [6]. Он основан на том, что текст может изменяться путем удаления единичных слов, перестановкой слов, грамматических ошибок. В результате изменения алгоритм шинглов уже не обнаружит совпадения. Для этого увеличивается число генерируемых шинглов. Недостатком этого алгоритма является существенный рост числа шинглов, который приводит к замедлению работы программы и к увеличению числа ложных срабатываний.

2. Сравнительный анализ алгоритмов сравнения текстов на русском языке

Для сравнения алгоритмов сравнения текстов были выбраны тексты на русском языке, разбитые на три группы.

В первой группе используется перефразированный текст исходной статьи. Для сравнения была выбрана статья с описанием программного продукта и вручную изменен порядок слов в предложениях, некоторые слова заменены на синонимы. В результате сравнения наиболее точный результат показал алгоритм шинглов. При этом текст полностью сохранил свой смысл и имеет минимальные замены слов на синонимы.

Во второй группе приводятся варианты фразы из известного мультфильма «В стране невыученных уроков»: «Казнить нельзя помиловать» [8]. Данную фразу можно трактовать в разных значениях,

при этом ставя одну запятую на разные позиции в предложении. При сравнении приведенными алгоритмами результатом в большинстве случаев является стопроцентное совпадение, несмотря на то что смысл фраз кардинально отличается.

В третьей группе происходит сравнение большого отрывка из текста и его краткое содержание. В качестве примера выбран роман И. А. Гончарова «Обломов». Использован отрывок из первой главы и его краткое содержание [9, 10]. Для достижения корректного результата сравнение текстов должно быть произведено путём выделения основной мысли из текста, при этом результаты таблицы 1 и таблицы 2 показывают, что исследуемые алгоритмы ее не учитывают. Результаты сравнения представлены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1

Таблица 1. Алгоритмы сравнения текстов для целых текстов

	Группа 1	Группа 2	Группа 3
	Весь текст		
Алгоритм	Схожесть в %		
Алгоритм шинглов	32,67	100	7,18
Diff	7	96	2
Cosine Similarity	16,81	92,86	2,09
Surrounding Context N-Grams	26	17	25

Таблица 2

Таблица 2. Алгоритмы сравнения текстов для частей текстов

	Группа 1	Группа 2	Группа 3
	Отрывок		
Алгоритм	Схожесть в %		
Алгоритм шинглов	62,5	100	20
Diff	62	96	0
Cosine Similarity	40,96	100	5,11
Surrounding Context N-Grams	0	0	50

В ходе сравнительного анализа среди рассмотренных алгоритмов был сделан вывод, что для сравнения алгоритмы используют математические методы для разных комбинаций символов текста без выделения смысла текста и учета его лингвистических особенностей.

Тогда как в области компьютерной лингвистики существуют алгоритмы разных этапов анализа текста, на разных уровнях рассматривающие и учитывающие его особенности.

Рассмотренные алгоритмы производят сравнение текстов в большинстве случаев на графематическом уровне, поэтому задача сравнения текстов не может быть окончательно решена из-за сложности смыслового понимания.

Для получения лучших результатов сравнения текстов могут быть использованы алгоритмы графематического анализа в более полном объёме, а также реализован учет как минимум результатов морфологического этапа анализа, а далее синтаксического и семнатического: удаление стоп-слов, учёт цитат, учёт объемов текста, применения словаря синонимов и др.

В связи с этим возникает потребность в новых алгоритмах, учитывающих смысловую составляющую текстов.

Заключение

Таким образом, для достижения более точного результата недостаточно рассмотрение текста как последовательности символов, а необходимо и использование инструментов лингвистики, чтобы учитывать смысловую составляющую текстов, выделять основные мысли, контекст текста и т.д.

Список литературы

1. Бандурина О.В. Исследование алгоритмов сравнения текстов на русском языке / О.В. Бандурина // Материалы XIX Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1583 – 1589.

2. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных : учеб. пособие / Большакова Е.И., Воронцов К.В., Ефремова Н.Э., Клышинский Э.С., Лукашевич Н.В., Сапин А.С. — М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017. — 269 с.

3. Broder A. On the resemblance and containment of documents // SEQUENCES'97: Proceedings of the Compression and Complexity of Sequences 1997. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 1997. - 2129 pp.

4. Алгоритм diff: [Электронный ресурс]: интернет - энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Diff

5. Сторожук Н.О., Коломойцева И.А. Анализ алгоритмов лексической и морфологической обрабокт текстов с целью определения жанровой принадлежности / Н.О. Сторожук, И.А. Коломойцева //

Материалы студенческой секции IX Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование» (ИУСМКМ-2018). – Донецк: ДонНТУ, 2018. – С. 43-47.

6. Diego A. Rodríguez Torrejón, José Manuel Martín Ramos Text Alignment Module in CoReMo 2.1 Plagiarism Detector Notebook for // PAN at CLEF 2013.

7. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика : учеб. пособие / Большакова Е.И., Клышинский Э.С., Ландэ Д.В., Носков А.А., Пескова О.В., Ягунова Е.В. — М.: МИЭМ, 2011. — 272 с.

8. В стране невыученных уроков: [Электронный ресурс]: интернет – энциклопедия. – Режим доступа: http://www.planetaskazok.ru/drskazotech/vstraneneviuchurokovskz

9. И. А. Гончаров «Обломов» : [Электронный ресурс]: интернет – библиотека. – Режим доступа: https://ilibrary.ru/text/475/p.1/index.html

10. И. А. Гончаров «Обломов»: [Электронный ресурс]: библиотека кратких содержаний. – Режим доступа: https://briefly.ru/goncharov/oblomov/

Обзор Linked Data Triplestores для задачи хранения семантических текстовых данных

В. В. Гаршина[2], email: garshina.veronika@gmail.com
А. Ю. Данковцева, email: dankovtseva.nastya@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены наиболее распространенные графовые базы данных по нескольким критериям для хранения информации, полученной в результате семантического анализа текстовых данных.*

Ключевые слова: *онтология, Linked Data Triplestores, RDF.*

Введение

Всеобщее увеличение объемов данных, проблемы их хранения, интеграции, обработки и семантического анализа с целью получения новых знаний, привели к задачам поиска новых способов представления информации. Одним из таких подходов являются графовые базы данных, организованные в виде хранилищ триплетов (Triple Stores). В данной работе будет проведен сравнительный анализ нескольких Triple Stores с целью выбора наиболее оптимального для использования в проекте по следующим критериям: скорость загрузки RDF; скорость выполнения SPARQL запросов; открытость и легкость установки; пользовательский интерфейс.

1. Linked Data

В первую очередь необходимо пояснить, что же такое Linked Data и какие проблемы можно решить, используя данный формат. Если кратко, это связанные данные, которые хранятся в виде троек: субъект, предикат и объект. Эти тройки связывают сущности с другими сущностями или литералами (подробнее о них позже) для создания ориентированного графа знаний:

Рис. 1. Основные сущности

© Гаршина В. В., Данковцева А. Ю., 2020

На рисунке 1представлен пример связи Субъект-Предика-Объект, (яблоко является фруктом, имеет цену 15 рублей, красное).

Стандартом представления триплетов является RDF нотация. RDF обычно хранится в одном из четырех форматов: N-Triples (.nt), Turtle (.ttl), JSON-LD (.json) или RDF / XML (.rdf).

Основными областями, в которых эффективно использование RDF нотаций: семантический поиск, семантический анализ в Big Data, Text Mining, онтологическое моделирование предметной области - то есть все задачи, где необходимо проведение смысловой аналитики и построения выводов и заключений на основе данных.

2. Сравнение Linked Data Triplestores

Для сравнения были выбраны следующие базы:

- Blazegraph (версия 2.1.4) [1];
- Stardog (версия 5.3.5) [2];
- Virtuoso (версия 07.20.3217) [3];
- GraphDB (версия graphdb-free-8–3–1) [4];
- AnzoGraph (версия r201901202057.beta) [5];
- AllegroGraph (версия 6.4.3) [6];
- MarkLogic (версия 9.0–7) [7].

Скорость загрузки RDF

Загрузка RDF в хранилище триплетов – это одно из действий, которое требуется выполнять при создании и обновлении данных. Загрузка RDF в формате RDF / XML обычно быстрее, чем в N-Triples. AnzoGraph не поддерживает RDF / XML, так как это гораздо более новое триплетное хранилище, а RDF / XML – более старый формат, популярность которого падает. С самого начала AllegroGraph необходимо много времени для загрузки. Marklogic справляется с этим быстрее AllegroGraph, но загрузка данных в формате RDF / XML занимает 2 минуты, в результате этого и других факторов, обсуждаемых в этой статье.

AnzoGraph загружает данные в формате N-Triples всего за 18753 мс, значительно опережая все остальные. Похоже, что, исключая старые форматы RDF, AnzoGraph может оптимизировать скорость загрузки для новых форматов. GraphDB – это единственное хранилище триплетов, которое быстрее загружает N-триплеты, чем RDF / XML. Blazegraph, Stardog и Virtuoso намного быстрее загружают RDF / XML (в Stardog и Virtuoso вдвое быстрее). Это важно учитывать, если вы будете регулярно загружать много данных.

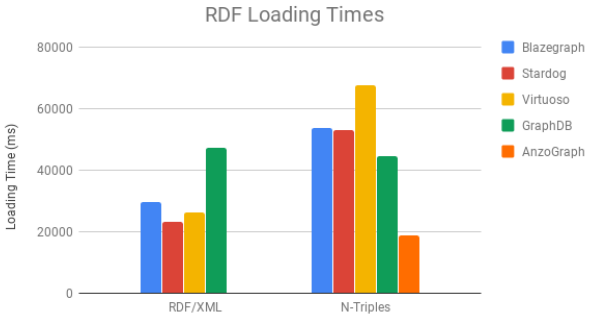


Рис. 2. RDF Format

Скорость выполнения SPARQL запросов

Были выполнены стандартные запросы и получен следующий результат о производительности:

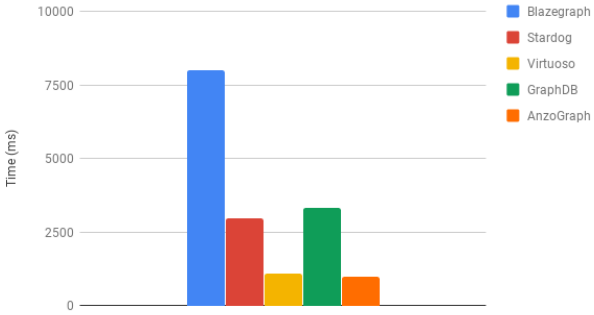


Рис. 3. Среднее время выполнения запросов

Видим, что Virtuoso и AnzoGraph значительно быстрее (почти в 3 раза быстрее, чем следующий лучший, Stardog), чем все остальные. Stardog и GraphDB показали схожие результаты, а Blazegraph намного медленнее.

Легкость установки

Blazegraph – можно развернул с помощью Docker, имеется подробная документация. Данные можно загрузить в Blazegraph несколькими способами, но с большими файлами данные должны быть доступны из контейнера. Итог: легко развернуть и загрузить данные.

Stardog – также был прост в установке. Одна команда для запуска Stardog и еще одна для загрузки данных. Итог: легко развернуть и загрузить данные.

Virtuoso – легко развернуть, следуя инструкциям. Они также детализируют объемы для загрузки данных. Есть некоторые особенности загрузки данных, но следуя документации, это относительно просто. Итог: прост в развертывании и достаточно легко загружать данные.

GraphDB – разворачивается просто, используя репозиторий. Итог: легко развернуть и загрузить данные.

AnzoGraph – используя официальный Docker-образ, все начинается нормально. Однако есть некоторые ошибки, и если вы захотите перезапустить, все сломается. То же самое произойдет, даже если перезапустить полностью работающий контейнер. Эти проблемы теперь исправлены в последней версии Docker Image. Итог: загрузка данных достаточно проста, но с установкой могут возникать проблемы.

Пользовательский интерфейс

Этот раздел более субъективен, поэтому для ясности выделим следующие факторы:

- простота загрузки данных;
- простота запроса данных;
- легкость для изучения данных;
- легкость для мониторинга системы;
- простота в управлении данными.

Blazegraph – имеет относительно приятный пользовательский интерфейс, где легко найти то, что нужно. Существует несколько вариантов загрузки данных. Если метод не подходит (например, файл данных слишком велик), в сообщении об ошибке четко объясняются альтернативные методы. Вкладка запроса также проста и интуитивно понятна. Результаты отображаются в простых таблицах, а запросы хранятся в истории, что всегда полезно при создании приложений. Ошибки запросов обычно объясняют проблему, которая помогает при отладке запросов (которые имеют синтаксические ошибки). Для других ошибок (таких как орфографическая ошибка в предикате), Blazegraph имеет вкладку исследования, которая открывается всякий раз, когда вы нажимаете на URI в результатах запроса. Вы также можете вручную ввести URI на вкладке исследования, которая будет отображать каждую ссылку на данную сущность и с нее. Этот проводник действительно помогает в создании запросов и отладке, так как вы можете быстро увидеть, какие предикаты связывают сущности.

Мониторинг Blazegraph представляет собой простую пару вкладок (состояние и производительность), но в нем есть полезная информация, такая как состояние выполняющихся запросов, время работы системы и так далее.

Stardog – по сравнению с Blazegraph имеет более красивый интерфейс. Загрузка данных не может быть выполнена через пользовательский интерфейс. Панель запросов похожа на другие: запросы можно вводить в текстовое поле, а результаты отображать в виде таблицы. Ошибки снова достаточно понятны для сортировки синтаксических ошибок, и запросы могут быть сохранены для последующего использования. Как и Blazegraph, мониторинг Stardog можно осуществлять через пользовательский интерфейс с более подробной информацией, хранящейся в журналах. Как и в Blazegraph, такие функции, как полнотекстовое индексирование, могут быть включены или отключены для каждой базы данных.

Virtuoso – по сравнению с другими не самый удачный интерфейс, но это дает то преимущество, что оно будет работать в любом браузере. Вы не можете загрузить данные с помощью пользовательского интерфейса, это должно быть сделано через терминал. Запросы снова стандартны, их немного сложно найти, когда вы впервые используете Virtuoso. Результаты отображаются в таблице, как и другие, и ошибки относительно ясны. К сожалению, у Virtuoso нет хорошей реализации исследования данных. Вы должны писать запрос каждый раз, когда хотите запомнить, какой предикат используется для связи чего-либо. Например, если вы создаете большой запрос, вам нужно копировать его куда-нибудь, чтобы можно было выполнять крошечные запросы для изучения графа знаний. Мониторинг системы в Virtuoso достаточно обширен, и есть подробные журналы, если вам нужно.

GraphDB – имеет удобный интерфейс. Загрузка данных интуитивно понятна, и есть много вариантов. Текстовое поле реализует подсветку синтаксиса, авто-префиксы и может быть легко сохранено. Результаты могут быть отображены в таблице, благодаря интеграции с диаграммами Google, также могут быть визуально представлены. Возможность исследовать данные во время разработки является важным. GraphDB представляет много возможностей для текущей аналитики, что его выделяет среди остальных. Данные можно просматривать визуально, что значительно ускоряет построение запросов. Удобно быстро просмотреть раздел графика, с которым работаешь. Если запрос не работает, то можно сразу увидеть, есть ли, например, орфографическая ошибка в предикате.

Заключение

В результате проведенного сравнительного анализа были выделены наиболее удобные в использовании Triple Stores по тестируемым параметрам:

- GraphDB удобен для разработки приложения;
- AnzoGraph или Virtuoso, когда проводится перенос системы в производство (обеспечивают хорошую скорость обработки).

Данный вывод связан с тем, что дополнительное время, затрачиваемое на выполнение запросов к Triple Stores, не приближается к количеству дополнительного времени, которое приходится тратить на исследование и отладку ваших данных в Virtuoso. После того как запросы построены, можно перейти к Virtuoso или AnzoGraph, чтобы воспользоваться их скоростью. Это просто сделать, поскольку запросы SPARQL являются стандартными.

Список литературы

1. Официальная страница продукта Blazegraph Data Base – https://www.blazegraph.com/
2. Официальная страница продукта Enterprise Knowledge Graph platform – https://www.stardog.com/
3. Официальная страница продукта Virtuoso – https://virtuoso.openlinksw.com/
4. Официальная страница продукта GraphDB – http://graphdb.ontotext.com/
5. Официальная страница продукта AnzoGraph – https://www.cambridgesemantics.com/anzograph/
6. Официальная страница продукта AllegroGraph – https://franz.com/agraph/allegrograph/;
7. Официальная страница продукта MarkLogic – https://www.marklogic.com/

Моделирование процесса достижения консенсуса методом локального голосования многоагентной системы, использующей Wi-Fi сеть

Э.А. Гейс [3], e-mail: edheiss73@outlook.com

ТулГУ, ИВТС им. В.П.Грязева

Аннотация. *Разработана среда моделирования процесса достижения консенсуса методом локального голосования многоагентной системы, с учетом особенностей функционирования модулей Wi-Fi, а также сравниваются результаты моделирования MAC с её работой на встраиваемых системах.*

Ключевые слова: *Многоагентная система, консенсус, локальное голосование, Wi-Fi*

Введение

При решении широкого круга практических задач, возникающих при распределенных вычислениях, распределенное управление роботизированными сетями, обмене информацией в многопроцессорных сетях, оптимальном распределении заданий в группах БПЛА, распределении заданий в транспортных сетях и т. д. встает задача достижения консенсуса [1-4].

Для решения задачи достижения консенсуса группой взаимодействующих агентов, обменивающихся информацией, часто применяются алгоритмы типа стохастической аппроксимации с уменьшающимся размером шага. При динамических внешних изменениях состояний агентов с течением времени (поступлении новых заданий и т.п.) алгоритмы стохастической аппроксимации с уменьшающимся до нуля размером шага неработоспособны. Поэтому, при исследовании взаимодействия агентов в условиях случайно изменяющейся структуры связей в сети и наблюдениях со случайными задержками и помехами используют алгоритм типа стохастической аппроксимации при малом постоянном или неуменьшающемся до нуля размере шага [5,6,7]. Однако, в большинстве работ не учитываются особенности работы систем связи между агентами.

1. Цель и задачи

Целью данной работы является разработка инструментария, позволяющего с достаточной степенью достоверности моделировать

© Гейс Э.А, 2020

взаимодействие агентов в сети Wi-Fi и выполнять расчет внутренних параметров арбитров сети для достижения консенсуса методом локального голосования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать существующие методы достижения консенсуса и выбрать наиболее подходящий для построения МАС;
2. Разработать среду моделирования МАС (MASPlatform), учитывающую особенности обмена данными в сети Wi-Fi;
3. Настроить параметры компонента MASPlatform, выполняющего моделирование передачи данных по сети Wi-Fi, на основе результатов моделирования с использованием модулей Wi-Fi;
4. Сравнить результаты моделирования МАС в MASPlatform с результатами работы реальной сети.

2. Разработка среды моделирования

В [5,6] рассматривается задача достижения приближенного консенсуса в стохастической динамической сети с учетом задержек в измерениях. Решение подобных задач существенно усложняется на практике, с одной стороны, из-за неполноты передаваемой информации и наличия помех измерений, с другой - из-за эффектов квантования (дискретизации), свойственных цифровым системам. Основным результатом являются условия достижения приближенного среднеквадратичного консенсуса при использовании протокола локального голосования. При организации подобной сети средствами Wi-Fi – соединения, необходимо учитывать следующие особенности:

1. Синхронизация актуальных данных между всеми агентами отсутствует.
2. В сети Wi-Fi с одним сервером в любой момент времени осуществлять вещание способен только один агент.
3. Имеют место задержки при передаче данных. При этом, чем больше Wi-Fi клиентов подключено к Wi-Fi точке доступа, и чем больше транзакций в сети необходимо провести, тем больше могут быть задержки.

Для простоты можно предположить, что все сообщения доставляются в места их назначения, а также интерференция волн отсутствует.

Для моделирования сети агентов, которые обмениваются данными, необходимо создать программное обеспечение (MASPlatform), включающее компоненты:

– Моделирования передачи данных по сети Wi-Fi.
– Выполняющий основной цикл программы агента.

– Визуализирующий рассчитанные данные.

Для связи агентов при моделировании в программе MASPlatform в качестве имитатора Wi-Fi-модуля выбран ESP8266 (данный модуль спроектирован специально для использования в IoT). Данный модуль при работе в качестве точки доступа может иметь до 8 клиентов, то при построении Wi-Fi сети для простоты будет использоваться 1 точка доступа и 6 клиентов, что дает 7 агентов. Использование единственной точки доступа в данном случае позволило минимизировать вычислительные затраты компонента MASPlatform, выполняющего расчет Wi-Fi сети.

В качестве оптимизируемого параметра выбрано время, необходимое для выполнения собственной очереди заданий агента с учетом его производительности [5]. Для достижения консенсуса выбран метод локального голосования с неизменяемым шагом. При этом полагается, что агенты безоговорочно принимают и отдают задания другим агентам.

Топология моделируемой сети неизменяема и имеет следующий вид:

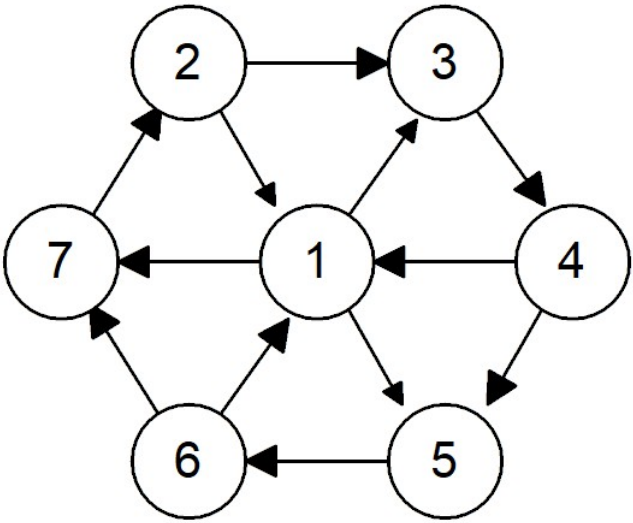


Рис. 1. Топология сети

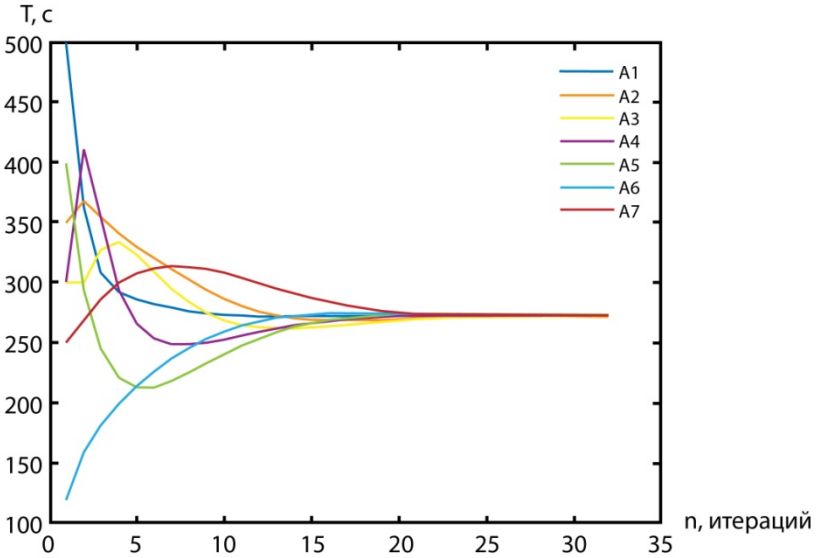


Рис. 2. Загруженность узлов сети при моделировании в среде MatLAB

На рисунке 2 по оси абсцисс откладывается количество итераций расчета. Шаг протокола локального голосования равен 0,75. При моделировании в среде MatLAB видно, что консенсус достигается, и графики довольно приемлемые. При моделировании в MASPlatform ввиду отсутствия синхронизации узлов параметром оси абсцисс выбрано количество переданных сообщений.

Результаты моделирования при тех же начальных условиях системы представлены ниже:

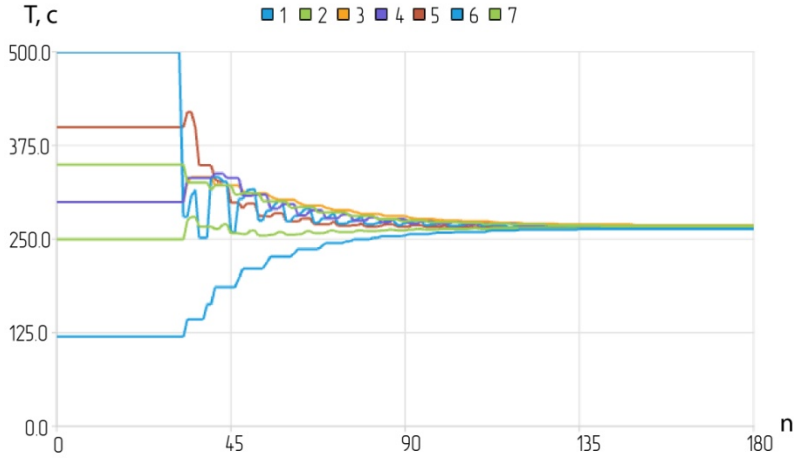


Рис. 3. Загруженность узлов сети при моделировании MASPlatform от количества переданных сообщений n

На графиках необходимо сравнить тенденцию изменения внутреннего состояния каждого узла. При их сравнении видно, что при учёте некоторых особенностей функционирования Wi-Fi-сети сходимость становится хуже. К тому же, при моделировании в MASPlatform появилась необходимость уменьшения шага протокола локального голосования до 0.4, так как при прежнем шаге консенсус не достигается.

3. Настройка параметров моделирования сети Wi-Fi в MASPlatform.

Для настройки параметров моделирования сети Wi-Fi в MASPlatform организована Wi-Fi сеть нескольких модулей ESP8266. Чтобы настроить скорость передачи одного UDP пакета по сети, была организована сеть из двух модулей ESP8266, где каждый элемент осуществлял незамедлительную отправку ответного пакета UDP на каждый принятый. В результате сеть загружена полностью, при этом передача пакетов осуществлялась с максимальной скоростью. Для программирования модулей ESP8266 использовались библиотеки Arduino и ESP8266WiFi. В результате моделирования получено время стабильной передачи одного пакета в сети, равное приблизительно 5 мс.

4. Сравнение результатов моделирования MAC в MASPlatform с результатами работы реальной сети

Для сравнения результатов моделирования взаимодействия агентов в среде MASPlatform и реальной сети, использующей модули ESP8266, спроектирована простейшая MAC такая, что код агента имеет возможность компилироваться как для ПК, так и для встраиваемых систем. В распоряжении имеется 3 модуля ESP8266, то имеющаяся топология (рис. 1) заменена следующей (матрица смежности для данной топологии является вырожденной):

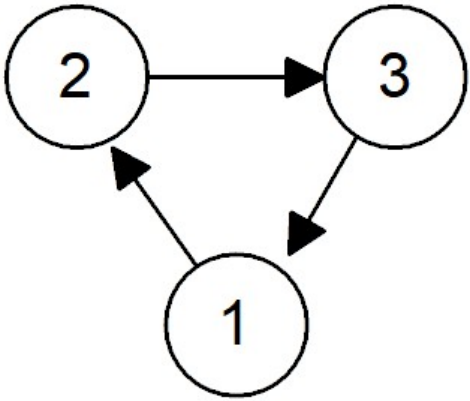


Рис. 4. Топология сети при моделировании с модулями ESP8266.

Старт расчета происходит тогда, когда все клиенты подключены к серверу. Для обмена данными выбраны широковещательные UDP пакеты, что позволило отслеживать внутренние состояния всех агентов сети. Модуль ESP8266, функционировавший в режиме точки доступа, был подключен к ПК, куда по интерфейсу RS-232 на скорости 115200 бод поступали копии принятых UDP пакетов для сбора данных и последующего построения графиков.

При моделировании в среде MASPlatform графики внутреннего состояния агентов от количества переданных сообщений n имеют вид:

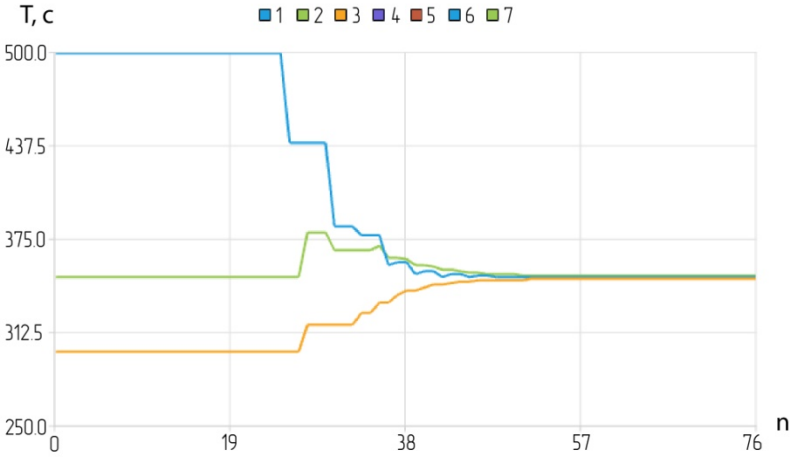


Рис. 5. Загруженность узлов сети из трех от количества переданных сообщений n.

При моделировании с использованием модулей ESP8266 графики имеют аналогичный вид (рис. 5).

Заключение

Таким образом, рассмотрены методы достижения консенсуса в многоагентных системах. Для моделирования выбран метод локального голосования с неизменяемым шагом, так как взаимодействие агентов системы происходит в условиях случайно изменяющейся структуры связей в сети и наблюдениях со случайными задержками и помехами.

Среда моделирования существенно доработана для встраивания новых компонентов, выполняющих расчет своего аспекта агента, без кардинального изменения всего программного обеспечения. В данной версии все компоненты для расчетов зависят от главного такта квантования MASPlatform, что позволяет запускать ее в режиме реального времени и без него без потери достоверности данных. Добавлен компонент, выполняющий расчет основного цикла работы программы агента. При этом код, скомпилированный для MASPlatform, безошибочно компилируется и для ESP8266, что реализует кроссплатформенность. Компонент, выполняющий расчет сети Wi-Fi настроен на основе данных функционирования сети с использованием модулей ESP8266.

Из результатов сравнения моделирования сети из трех агентов в MASPlatform и с использованием ESP8266 видно, что MASPlatform обеспечивает достоверность полученных расчетных данных, при условиях, указанных выше.

Список литературы

1. Jadbabaie, A. Coordination of Groups of Mobile Autonomous Agents Using Nearest Neighbor Rules / A. Jadbabaie., J. Lin, A. S. Morse // IEEE Trans. Automatic Control. – 2003. – Vol. 48, No. 6. – P. 988–1001.
2. Olfati-Saber, R. M. Consensus Problems in Networks of Agents with Switching Topology and Time- Delays / R. M. Olfati-Saber, R. M. Murray // IEEE Trans. Automatic Control. – 2004. – Vol. 49, No. 9. – P. 1520–1533.
3. Ren, W. Distributed Consensus in Multi-Vehicle Cooperative Control / W. Ren, R. W. Beard. – London: Springer, 2008. – 319 p.
4. Ren, W. Distributed Coordination of Multi-Agent Networks: Emergent Problems, Models, and Issues / W. Ren, Y. Cao. – London: Springer, 2011. – 310 p.
5. Амелина, Н. О. Исследование консенсуса в мультиагентных системах в условиях стохастических неопределенностей / Н. О. Амелина // Вестник нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2013. – №1(3). – С. 173-179.
6. Амелина, Н. О. Задача достижения дифференциального консенсуса при стоимостных ограничениях / Н. О. Амелина, Ю. В. Ивановский // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2015. – Т2. – С. 495-506.
7. Виттих, В. А. Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий / В. А. Виттих, Т. В. Моисеева, П. О. Скоболев // “Ontology of Designing” scientific journal. – 2013. – №2. – С. 20-25.
8. Децентрализованное управление квадрокоптерами в составе группы лидер-ведомые / К. Ю. Котов [и др.] // Автометрия. – 2017. – №1. – С. 26-31.
9. Золотухин, Ю. Н. Децентрализованное управление подвижными объектами в составе маневрирующей группы / Ю. Н. Золотухин, К. Ю. Котов, А. А. Нестеров // Автометрия. – 2007. – Т53. – №3. – С. 31-39.
10. Скоболев, П. О. Ситуационное управление и мультиагентные технологии: коллективный поиск согласованных решений в диалоге / П. О. Скоболев // “Ontology of Designing” scientific journal. – 2013. – №2. – С. 27-48

Существующие технологии анализа речи на естественном языке

И. С. Господарикова, email: gis.gospodarikova@gmail.com
В. В. Гаршина, email: garshina@cs.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются существующие технологии анализа речи на естественном языке, и делается попытка оценки того, насколько глубоко и совершенно они проводят разбор сказанного.*

Ключевые слова: *Семантический анализ, речь на естественном языке, голосовой помощник, чат-бот, сравнение.*

Введение

С развитием информационных технологий, с увеличением информационных потоков, каждый человек ежедневно пропускает через своё сознание огромный объем данных по разным темам и предметным областям. Эффективность обработки и использования информации человеком зависит от многих факторов: интеллектуальных способностей, скорости восприятия и реакции, физического и психоэмоционального состояния. В связи с этим, актуально развитие технологий, направленных на сбор, фильтрацию и обработку интересующих конкретного человека данных, обеспечивающих личную информационную поддержку, оказывающих помощь в принятии решений.

На сегодняшний день существует большое количество программных интеллектуальных помощников, базирующихся на различных технологиях: от простейших чат-ботов до более сложных и проработанных интеллектуальных голосовых ассистентов, как универсальных, так и ориентированных на конкретные задачи. Далее проведем анализ существующих решений в этой области с точки зрения видов семантической поддержки пользователя и применяемых технологий обработки естественного языка и звучащей речи.

1. Технологии, применяемые в интеллектуальных ассистентах

Простейшими программами, осуществляющими анализ речи пользователя, и дающими ему некоторый ответ, можно назвать чат-ботов. Изначально, это были в основном развлекательные программы,

© Господарикова И. С., Гаршина В. В., 2020

хотя сейчас довольно распространены чат-боты, направленные, на помощь пользователю сайта или на попытки заинтересовать его какими бы то ни было услугами. Основная масса чат-ботов опирается на технологии разбора входных сообщений и генерации ответов (предложений) с использованием шаблонов. Для этого применяются специальные языки разметки сценариев диалога (например, AIML). Для реализации диалога требуется программа-парсер, выделяющая из полученной на вход строки образцы (последовательностей слов) для распознавания. При генерации диалога могут использоваться вероятностные замены отдельных слов и конструкций на синонимы для имитации разнообразия беседы. От проработанности шаблонов в сценарии зависит качество диалога, отсутствие ошибок (необрабатываемых системой вопросов, заводящих ее в тупик или демонстрирующие неадекватность). Реакции в диалоге определяются только предыдущей фразой. Кроме жестких диалогов используются технологии обучения чат-бота на нейросетях различной архитектуры на достаточном объеме диалоговом материала, но данный подход работает на четко определенной предметной области и не работает с обработкой смысла высказываний. Данный тип систем может сочетаться с озвучиванием диалога.

2. Обзор функционала голосовых ассистентов

Рассмотрим интеллектуальные голосовые ассистенты – такие как Alexa от Amazon, Siri от Apple, Google Assistant от Google и Алиса от Яндекса. Несмотря на то, что каждая компания разрабатывала свою реализацию интеллектуального голосового ассистента в максимальном отрыве от других, стремясь сделать её уникальной и выделяющейся, у них есть общие черты относительно функционала.

Характерной чертой является работа в тесной связке с облачными сервисами. Записываемая речь пользователя передаётся на сервер, где и происходит её анализ. Голосовые ассистенты обеспечивают, например, запуск сторонних приложений, изменение списка покупок в интернет-магазина, вызов работы колонок, взаимодействие в другими устройствами (поддержка IoT) и т.д.

Голосовым помощникам свойственна всесторонняя поддержка взаимодействия пользователя с другими приложениями компании-разработчика и большая интеграция с ними. Причина - мотивировать пользователя к выбору тех или иных сервисов.

Ещё одна черта, характерная для голосовых помощников, заключается в попытках создания разработчиками характера ассистента в том или ином виде. Так диалог с программой для пользователя

становится более живым, напоминает общение с человеком и для пользователя является важным.

Также в качестве особенности можно отметить довольно распространённый метод усовершенствования голосового помощника: через выбор пользователем дополнительных модулей, реализующих какие-либо новые функции, не заложенные в базовую комплектацию. Пользователь может выбрать для себя нужные ему модули, и включать или выключать их по необходимости. Разработчики предоставляют также интерфейс для самостоятельного создания и подключения описываемых модулей. Таким образом, для некоторой специфической задачи пользователь может реализовать свой сценарий поведения голосового помощника, чтобы он соответствовал индивидуальным нуждам этого пользователя.

Относительно применяемых технологий анализа и обработки речи в голосовых помощниках можно выделить: распознавание фраз пользователя по ключевым словам и темам. Результатом распознавания является реализация поиска информации, поддержка диалога или управление приложениями.

Ассистент «Alexa» – разработка компании Amazon [1] – мультиязычный (кроме русского языка) голосовой помощник для умного дома. Он поддерживает совершение заказов на сайте Amazon, ведение списка покупок, настроен на помощь человеку с его повседневными нуждами, ориентирован на взаимодействие с портативной колонкой Amazon Echo и имеет реализации в виде приложения для Android, iOS и FireOS. С ним поставляется коллекция материалов и модулей «Alexa Skill Kit» для расширения функционала.

Голосовой помощник «Siri» - продукт компании Apple, встроен в большинство устройств, выпускаемых данной компанией и поддерживает русский язык [2]. Также реализует технологии машинного обучения для распознавания сообщений и формирования ответов. При ведении общения на русском языке часты ошибки.

В русскоязычном помощнике «Алиса» от Яндекса [3] для формирования ответа на фразу используется обученная глубокая нейронная сеть. Помимо этого, проводится первичный разбор фразы, однако на этапе формирования вывода семантического интеллектуального анализа не происходит, в результате беседы диалог часто теряет осмысленность. Алиса хорошо распознает русскую речь, тем не менее, создана в первую очередь как голосовой ассистент поисковой системы. Она взаимодействует с сервисами: «Яндекс.Навигатор», «Яндекс.Музыка», «Яндекс.Такси» и другими. Поддерживает оформление заказов в интернет-магазине «Беру». Из

негативных моментов можно назвать то, что она не реализует функцию напоминаний и не имеет индивидуальной настройки. Работая преимущественно с сервисами Яндекс, она не ориентируется на создание и хранение какой-то персонализированной системы знаний о пользователе.

3. Адаптивный семантический органайзер

Направлением развития интеллектуальности современных голосовых ассистентов можно выбрать ориентиры на поддержку ими процесса создания и хранения персонафицированной системы знаний о пользователе и ориентированных на его личную модель жизни.

Хотя именно на основе такой системы, содержащей информацию об образе жизни, каких-то увлечениях, повседневных задачах, могли бы совершаться такие действия как, например, подбор интересных конкретному пользователю новостей, поиск объявлений, напоминания о встречах или делах.

Концепцию разработки подобного интеллектуального помощника мы называем личным семантическим органайзером настраивающимся и адаптирующимся к изменениям интересов и модификации модели жизни своего владельца. В основе архитектуры такой системы должна присутствовать развиваемая (расширяемая и изменяющаяся в динамике) онтология, описывающая области интересов и функциональное описание жизни конкретного человека. Процесс развития онтологии (редактирование и наполнение) должен проходить в режиме обучения на основе взаимодействия с пользователем. Причем, в рамках концепции “clear interface”, предполагающей естественный и простой для человека способ взаимодействия с приложением, поддерживающим распознавание и понимание человеческой речи [4,5], реализующих построение семантической и адаптивной поддержки пользователя.

Процесс разработки связан с решением ряда сложных задач: разработка базовой структуры онтологии - модели сфер жизни пользователя; механизм наполнения и редактирования ее содержимого на основе речевого взаимодействия с пользователем; расширение знаний в онтологии за счет внешних источников информации и построения выводов; анализ действий пользователя, применение методов машинного обучения для выявления закономерностей; применение технологий анализа речи – выделение именованных сущностей, отношений, синонимии, омонимии, разрешение кореференции и т.д.

Это сложные задачи, однако, их решение позволит реализовать голосового интеллектуального помощника, который бы действительно анализировал речь, запоминал сказанное, формировал, подобно

человеку, модель знаний и отвечал на вопросы в соответствии с ней, а не просто пытался бы сгенерировать ответную фразу.

Заключение

Проведённый анализ показал, что современные технологии голосовых ассистентов всё ещё довольно далеки от глубокого понимания семантики речи владельцев. Многие из программных продуктов в данной области, стремятся в основном к формированию мгновенного ответа на фразу, а не к ведению полноценного и долгого диалога. К тому же, они не настраиваются в полной мере на конкретного пользователя в соответствии с его интересами, а следовательно, не обеспечивают интеллектуальной персонафицированной поддержки.

Список литературы

1. Alexa User Guide: Learn What Alexa Can Do – https://www.amazon.com/b?node=17934671011
2. Официальная страница продукта Siri – https://www.apple.com/ru/siri/
3. Официальная страница продукта Алиса – https://yandex.ru/alice
4. Прикладная и компьютерная лингвистика / под ред. И.С. Николаева, О.В. Митрениной, Т.М. Ландо. – М.: ЛЕНАНД, 2016 – 320 с.
5. Бенгфорт Б. Прикладной анализ текстовых данных на Python. Машинное обучение и создание приложений обработки естественного языка. / Б. Бенгфорт, Р. Билбро, Т. Охеда // Спб.: Питер, 2019. – 368 с.

Машинный перевод русского жестового языка глухих

М. Г. Гриф, email: grifmg@mail.ru [1]
О. О. Королькова, email: ookorol@mail.ru [2]
Ю. С. Мануева, email: manueva.js@gmail.com [1]

[1] Новосибирский государственный технический университет
[2] Новосибирский государственный педагогический университет

Аннотация. *Рассмотрена текущая ситуация в России и в мире по работам в области разработки систем компьютерного перевода жестовых языков глухих. Разработан способ перевода предложений звучащего русского языка на калькирующий русский жестовый язык.*

Ключевые слова: *русский жестовый язык, грамматическая система, машинный перевод.*

Введение

Поддержка и развитие русского жестового языка (РЖЯ) в России обусловлена необходимостью исполнения требований Федерального закона Российской Федерации от 30 декабря 2012 г. N 296-ФЗ «О внесении изменений в статьи 14 и 19 Федерального закона «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации», Федерального Закона «Об образовании в Российской Федерации». Важное место в решении проблемы обеспечения коммуникаций между глухими и слышащими занимают системы машинного перевода РЖЯ. Разработка систем машинного перевода РЖЯ назрела давно и в настоящее время перешла из области теории в практическую плоскость. По оценкам ряда источников число потребителей систем машинного перевода РЖЯ в России достигает 600 тысяч человек (глухие, их родители, студенты, работники социальных служб и т.д.). Актуальность разработки систем машинного перевода жестовых языков (от слышащего к глухому и наоборот) состоит как в недостаточном количестве переводчиков жестовых языков, так и не всегда желательном посредничестве (медицина, личностные отношения и т.п.) при коммуникациях глухих и слышащих граждан [1, 2].

В качестве примера имеющихся в мире системы компьютерного сурдоперевода, можно отметить: HandTalks (Бразилия), ProDeaf (Бразилия), ViSiCAST (Европа), The American Sign Language Avatar Project at DePaul University (США) и Сурдофон (Россия). Для обратной связи – от глухого к слышащему, может также использоваться набор

© Гриф М. Г., Королькова О. О., Мануева Ю. С., 2020

текста, выбор фраз из тематического разговорника или пиктографическая система для конструирования фразы с последующим озвучиванием с помощью компьютерного синтезатора речи. Также можно отметить, что ни одна из рассмотренных систем не обладает полным функционалом для поддержки коммуникаций между глухими и слышащими. Проведенный анализ показал, что имеются пять основных проблем в разработке систем компьютерного сурдоперевода (РЖЯ):

- отсутствие эффективных систем распознавания РЖЯ;
- перевод русского текста преимущественно на калькирующий жестовый язык (КЖЯ), что затрудняет его восприятие глухими;
- низкое качество перевода русского текста на РЖЯ (КЖР);
- отсутствие признанной грамматической системы русского жестового языка;
- низкая эргономичность системы визуализации жестового языка.

Для того чтобы системы компьютерного сурдоперевода реально могли потеснить переводчиков жестового языка необходимо резко повысить качество перевода в обе стороны - от слышащего к глухому и обратно. Проведенное в Новосибирском государственном техническом университете анкетирование глухих студентов показало, что допустимая с их точки зрения безошибочность перевода (по сравнению с человеком-сурдопереводчиком) должна быть выше 90%. В этой связи, можно сформулировать перспективные задачи, решение которых выведет машинный перевод РЖЯ на указанный выше уровень:

- разработка и формализация грамматической системы РЖЯ, включающей все компоненты жеста (пальцы, ладонь, руки, корпус, немануальные компоненты);
- разработка аватаров-переводчиков РЖЯ, функционально полных и обладающих плавным показом жестов;
- разработка системы распознавания РЖЯ на основе последних достижений в нейро-сетевых методах;
- разработка методов перевода звучащего русского языка на РЖЯ и обратно на основе соответствия грамматических систем и машинного обучения.

В настоящей работе рассмотрим более подробно одну из успешно решенных на данный момент задач – перевода предложений звучащего русского языка, содержащих омонимы и многозначные слова, на КЖЯ [3, 4].

1. Постановка задачи

В настоящее время существуют различные системы перевода со звучащего языка на язык жестов [3]. Все они (система Zardoz, система TEAM, система ViSiCAST, система «Сурдофон») обладают основным

недостатком – отсутствием учета семантической составляющей звучащего и жестового языков. В [4] рассмотрены возможные подходы для решения данной проблемы: многоцелевой лингвистический процессор «ЭТАП-3», который содержит около 100 000 лексических единиц, технология ABBYY Compreno, технология Texterra, статистические и нейросетевые подходы в «Яндекс Переводчике», в котором количество поддерживаемых языков составляет 95, и «Google Переводчике», работающем со 105 языками. На основе анализа преимуществ и недостатков данных систем сделан вывод о необходимости разработки системы семантического анализа для повышения качества перевода и внедрения разработанной системы в программу «Сурдофон». Входным является предложение на русском языке, которое получено после этапа распознавания речи. Повышение качества перевода достигается путем внедрения в систему «Сурдофон» модуля семантического анализа.

2. Система семантического анализа для перевода на русский жестовый язык

На рисунке представлена укрупненная схема разработанной системы семантического анализа.

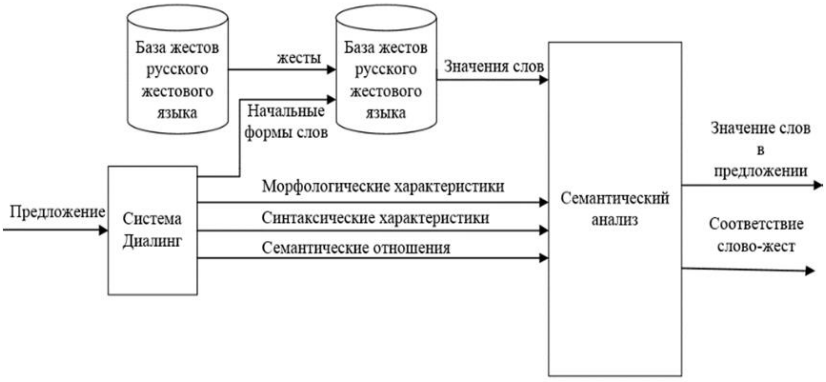


Рисунок. Схема выбора значения многозначного слова и омонима

Для определения корректного значения многозначного слова и омонима в предложении применяется система «Диалинг» и используются словарь В.А. Тузова и список жестов русского жестового языка. На первом этапе введенное предложение обрабатывается системой «Диалинг». В качестве выходной информацией данной

системы будут являться начальные формы слов в предложении, морфологические и синтаксические характеристики, семантические отношения. На втором этапе был проанализирован семантический словарь В.А. Тузова, на основе которого была спроектирована база данных. Словарь, разработанный В.А. Тузовым, представляет собой текстовый документ формата «.txt». Для работы со словарем необходимо разбить словарную статью на компоненты, с которыми в дальнейшем будет работать модуль семантического анализа. Большинство слов в словаре имеет более одного значения. На третьем этапе в базу данных был добавлен список жестов русского жестового языка [4]. Проведена работа по определению соответствия между жестами и значениями слов в словаре. На четвертом этапе в базе данных осуществляется поиск значений слов по начальным формам, полученным в результате работы системы «Диалинг». Затем значения обрабатываются модулем семантического анализа. Основной этап работы модуля семантического анализа – решение проблемы омонимии с использованием семантического словаря В.А. Тузова. После разрешения многозначности на данном этапе определяются соответствующие жесты. Результатом работы модуля являются единственные значения слов и соответствие слово–жест. Процесс семантического анализа можно условно разбить на две части: первичный семантический анализ и основной семантический анализ. Задача первичного семантического анализа заключается в определении начальных форм слова, морфологических и синтаксических характеристик, а также семантических отношений. На основе полученной информации основной семантический анализ определяет значения слов и соответствие жестам русского жестового языка.

Анализ русского текста состоит из следующих этапов: морфологического анализа слов в предложении, синтаксического анализа структуры предложения и семантического анализа слов в предложении.

Морфологический и синтаксический анализ выполняется на основе системы «Диалинг», в которой морфологический анализ состоит из морфоанализа и лемматизации словоформ. Под лемматизацией будем понимать приведение различных форм слова к словарным, а под морфоанализом – определение морфологических характеристик слова. Работа морфологического модуля основана на использовании трех морфологических словарей: большого словаря, который базируется на грамматическом словаре А.А. Зализняка, словаря имен собственных и словаря географических слов. На этапе лемматизации происходит определение начальной формы слова, необходимой для дальнейшей

работы со словарями. Морфологическая часть речи определяется традиционным образом. При анализе реальных текстов необходимо учитывать соседние слова, потому что от выбора конкретной интерпретации зависит выбор интерпретации другого слова. Объем морфологического словаря составляет более 130 тысяч лексем. Если в словаре отсутствует данная словоформа, то применяется алгоритм, который ищет в словаре словоформу, максимально совпадающую с конца со входной словоформой.

В качестве входной информации синтаксического анализа поступают результаты морфологического анализа. На выходе получаем набор семантических отношений. Определим семантическое отношение как универсальную связь, которая усматривается носителем языка в конкретном контексте. Любой текст представляет собой набор различных отношений. Главный недостаток отношений заключается в том, что одни отношения похожи на другие, но определить общие черты отношений и их различия непросто.

Для выбора значения многозначного слова и омонима используется предикатная модель [4]. Для проведения семантического анализа из морфологических характеристик, полученных на предыдущем этапе, рассматриваются только часть речи и падеж.

3. Тестирование системы перевода

Проведено тестирование работоспособности разработанного программного модуля семантического анализа и перевода на РЖЯ. Для решения этой задачи система семантического анализа была внедрена в систему компьютерного сурдоперевода «Сурдофон».

Проведем сравнительный анализ работы модуля семантического анализа с существующими лидерами в электронном переводе: многоцелевым лингвистическим процессором ЭТАП-3 (Этап-4), Яндекс Переводчиком и Google Переводчиком. Значения исследуемых слов в указанных системах определим с помощью использования компьютерных переводчиков для перевода на английский язык. Для корректной оценки результата перевода на английский язык системами ЭТАП-3 (ЭТАП-4), Яндекс Переводчик и Google Переводчик значения слова на английском языке определено с помощью словаря Мультитран.

Тестирование проводилось в два этапа. На первом этапе были рассмотрены 51 специально подобранных предложений. На втором этапе была подготовлена случайная выборка из 300 предложений на основе национального корпуса русского языка. Были получены следующие результаты: для выборки из 51 специально подобранных предложений система «Яндекс» допустила ошибки в 27% случаев, система Google ошиблась в 35% предложений, а система ЭТАП-3

(ЭТАП-4) - в 41%; в случайной выборке из 300 предложений проценты ошибок снизились до 15, 20 и 16, соответственно. Разработанный в модуль семантического анализа показал 0% ошибок, но допустил 17% случаев невыбора конкретного лексического значения. Что касается определения безошибочного перевода модулем семантического анализа, то здесь необходимо отметить, что при невозможности выбрать конкретное лексическое значение, программа оставляет исходное слово (предложение) без изменений. В этом случае, результат работы данного модуля мы также будем считать “правильным”. Следовательно, модуль семантического анализа осуществляет перевод с ошибкой, если только осуществляет замену слова на некорректное лексическое значение. Для оценки качества перевода были привлечены квалифицированные лингвисты, специалисты в лексике русского и русского жестового языков. Что касается систем ЭТАП-3 (ЭТАП-4), «Яндекс Переводчик» и «Google Переводчик», то они не имели возможности, в отличие от модуля семантического анализа, оставить предложение неизменным и “были вынуждены” выполнять перевод с русского на английский, рискуя, таким образом, допустить ошибку. Кроме того, система семантического анализа ставит в соответствие каждому лексическому значению соответствующий жест русского жестового языка и проводит изменения порядка слов в предложении в соответствии с требованиями РЖЯ. Возможность перевода системами ЭТАП-3 (ЭТАП-4), Яндекс и Google переводчиков на жестовый язык на данный момент отсутствует.

Заключение

Сформулированы основные проблемы в области систем компьютерного сурдоперевода русского жестового языка. Сделан вывод о том, что системы компьютерного сурдоперевода могут составить конкуренцию переводчикам РЖЯ только при значительном росте качества перевода в обе стороны - от слышащего к глухому и обратно. Показано, что специфика РЖЯ такова, что при машинном переводе необходимо привлечение специализированных семантических словарей. Разработанный модуль семантического анализа для перевода русского текста на РЖЯ показал преимущество в сложных случаях по сравнению с известными системами перевода - ЭТАП-3 (ЭТАП-4), Яндекс и Google переводчиками.

Список литературы

1. Гриф, М. Г. Лексические и грамматические аспекты разработки компьютерного сурдопереводчика русского языка : монография / М. Г. Гриф [и др.]. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. - 292 с.

2. Мануева, Ю. С. Построение системы компьютерного сурдоперевода русского языка / Ю. С. Мануева, М. Г. Гриф, А. Н. Козлов // Труды СПИИРАН. 2014. — Спб., 2014. — № 6(37). — С.170-187.

3. Гриф, М. Г. Разработка алгоритмического и программного обеспечения выбора значения многозначного слова и омонима в системе компьютерного сурдоперевода русского языка на основе семантической модели / М. Г. Гриф, О. О. Королькова, Ю. С. Мануева // Вестник НГУ серия Лингвистика и межкультурная коммуникация. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2018. – № 3. – С. 32-45.

4. Мануева, Ю. С. Разработка предикатной модели выбора лексических значений при переводе на русский жестовый язык на основе семантического словаря В.А. Тузова и системы автоматической обработки текста Диалинг / Ю. С. Мануева, И. А. Кагиров // Научный вестник НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – №1. – С.41-61.

Разработка системы прогнозирования аварийно-опасной обстановки с учетом погодных условий

А. И. Демидов, email: b22112@yandex.ru
Л. А. Амаева, email: achaevala@yandex.ru

Нижнекамский химико-технологический институт

Аннотация. *В данной работе разработана система прогнозирования аварийно-опасной обстановки с учетом погодных условий.*

Ключевые слова: *нейронные сети, прогнозирование, машинное обучение, язык программирования Python.*

Введение

Система прогнозирования аварийно-опасной обстановки с учетом погодных условий — это новое решение, направленное на предупреждение участников дорожного движения о повышенной опасности на дорогах.

Информационные технологии в современном мире заняли очень важную роль в жизни каждого человека. Их использование позволяет улучшить качество жизни людей, облегчить и повысить ее безопасность. На сегодняшний день наиболее распространенными и востребованными являются задачи Machine Learning, к которым относится и задача прогнозирования [1].

Прогнозирование используется в виде информационного обеспечения практически во всех отраслях занимающиеся защитой населения от аварийно-опасных ситуаций. Процесс прогнозирования состояний развития потенциально опасных обстановок, возникающих в системах социального, природного и техногенного характера, невозможностью правильной постановки задачи, является одной из широко развивающихся областей математического моделирования. Применение математического моделирования позволяет решить ряд задач прогноза ситуаций, являющихся опасными для жизни и здоровья человека. Прогнозируя ряд скрытых опасностей возможно предотвращение негативных последствий в результате их наступления.

С каждым днем количество автомобилей в стране увеличивается с огромной скоростью и соответственно возрастает количество дорожно-транспортных происшествий, которые приводят к невосполнимым потерям гражданского населения и их физического здоровья, к тому же

© Демидов А. И., Амаева Л. А., 2020

к материальным потерям виновника и потерпевшего в ДТП. Аварийность на дорогах во многом зависит от состояния дорожного полотна, времени суток, климатических условий, загруженности трасс и дальности обзора. Эти самые причины водитель в последнюю очередь учитывает при выборе манеры езды. Зная риск попадания в аварийную ситуацию можно предотвратить часть аварий на определённых участках дороги. Ежегодно число жертв в ДТП не менее 15 тысяч человек.

1. Введение в нейронные сети

Нейронная сеть — математическая модель, представляющая собой последовательность нейронов, связанных между собой, способная анализировать, сохранять и создавать новую информацию

Искусственная нейронная сеть (ИНС) состоит из последовательно расположенных нейронов, связанных между собой, каждый нейрон принимает данные, производит обработку и отправляет информацию последующему нейрону. Обработка информации в каждом нейроне происходит по одинаковому алгоритму. Нейроны между собой соединены синапсами. Нейрон в сети может иметь неограниченное количество синапсов, которые изменяют значение сигнала при передаче, также синапсы имеют возможность изменять значение своих весов. Правильное значение подобранных весов синапсов дает в результате обработки входных данных наиболее точный результат прогноза нейронной сети.

Алгоритм прогнозирования аварийно-опасной обстановки будет основан на принципе работы нейронной сети. На входной слой нейронов поступает определённая информация о произошедших авариях и их причинах. Входная информация отправляется от первого слоя следующему через синапсы, которые имеют свои индивидуальные веса, а последующие нейроны также могут иметь большое количество входящих синапсов. В результате данные, полученные следующим слоем, являются результатом суммы произведений входных значений на веса синапсов. Для получения информации из нейронов выходные данные необходимо активировать для чего и используется функция активации, и так происходит на каждом слое, пока информация не достигнет выхода конечного слоя. Для получения точных результатов необходимо обучить нейронную сеть.

Для обучения используется метод стохастического градиентного спуска (adam), основанный на адаптивной оценке функций первого и второго порядка [2]. Метод эффективен при вычислениях, требует мало памяти, статичен при диагональном масштабировании градиентов и хорошо подходит для задач, которые имеют большое количество входных параметров.

2. Архитектура системы прогнозирования аварийно-опасной обстановки на дорогах

Необходимые блоки и выполняемые функции системы:

- обучающая выборка необходимая для обучения нейронной сети;
- инструмент для создания нейронной сети на выбранном ПО;
- инструмент для обучения нейронной сети;
- библиотека необходимая для создания интерфейса программы;
- инструмент для работы с внешними файлами;
- модуль, позволяющий работать с массивами данных;
- визуализация входных данных, для более четкого представления.

В соответствии с основными функциями системы представим ее структуру (рис. 1).

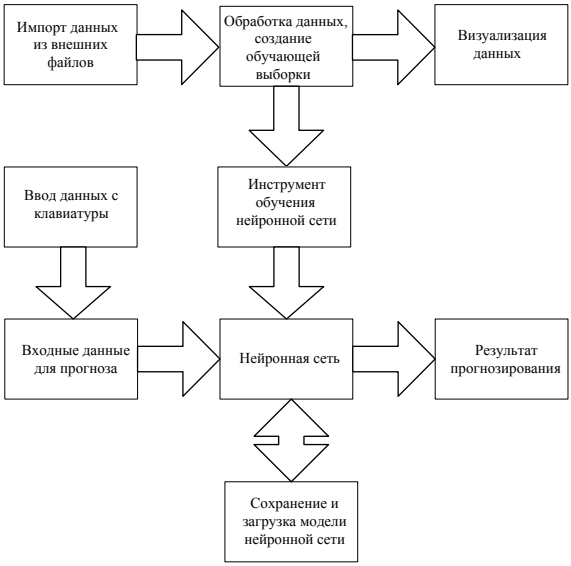


Рис. 1. Архитектура системы прогнозирования аварийно-опасной обстановки на дорогах

После обучения должна быть возможность сохранения и загрузки модели нейронной сети, для возможности дальнейшего использования без необходимости ее обучения.

Для получения прогноза необходим инструмент ввода данных с интерфейса программы, для дальнейшей обработки данных и подачи их в нейронную сеть. После запуска программы будет совершено

прохождение входных данных в нейронной сети, после чего в последнем слое будет вычислен результат прогнозирования, который необходимо вывести на экран.

3. Реализация системы

Реализация системы производилась на Python 3.7.4 в соответствии с разработанной архитектурой [3].

После запуска программного продукта откроется главное окно приложения, на данном этапе будет произведен импорт файла и обработка обучающей выборки. Главное окно имеет три кнопки «Машинное обучение», «Прогноз» и «Графики» при нажатии на которые будут открываться последующие дочерние окна.

При нажатии на кнопку «Машинное обучение» откроется соответствующее дочернее окно.

На данном этапе задаются параметры нейронной сети. Необходимо задать количество нейронов в скрытых слоях. А также количество эпох.

При тестировании системы прогнозирования использовались обучающие выборки, разработанные для Нижнекамского района.

Информация о произошедших авария использована с сайта «stat.gibdd.ru». Данные при разработке используются за период 2019 года с января по октябрь.

При тестировании аварийности в Нижнекамском районе рассмотрен период с 1 по 9 ноября 2019 года, не входивший в обучающую выборку.

Пример прогноза представлен на рис. 2.

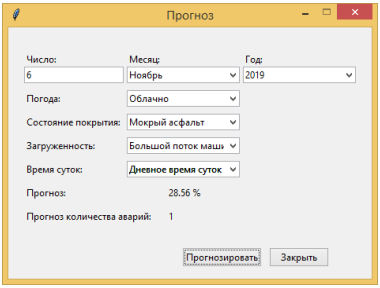


Рис. 2. Пример прогноз аварийности

За прогнозируемый период прогноз аварийно-опасной обстановки на дорогах Нижнекамского района совпадает с результатами аварий произошедшими по данным сайта «stat.gibdd.ru» (табл.).

Таблица

Сравнение показаний прогноза с результатами по сайту «stat.gibdd.ru»

Дата прогноза	**Результаты аварий по системе прогнозирования аварийно-опасной обстановки с учетом погодных условий**	**Результаты аварий по сайту «stat.gibdd.ru»**
01.11.2019	0	0
02.11.2019	0	0
03.11.2019	1	1
04.11.2019	0	0
05.11.2019	1	1
06.11.2019	2	2
07.11.2019	2	2
08.11.2019	2	2
09.11.2019	2	2

Заключение

Использование нейронных сетей в задачах прогнозирования позволяет использовать возможности вычислительной техники для получения результатов не достигаемых человеческим мозгом.

Разработанная система имеет высокую точность, при изменении структуры программы позволит адаптировать ее для прогноза в любой отрасли человеческой жизнедеятельности. Система искусственной нейронной сети будет прогнозировать результат определённой точностью в зависимости от точности обучающей выборки, в данный момент нейронные сети используются в науке, медицине, промышленности.

Список литературы

1. Бринк, Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. — СПб.: Питер, 2017 г. — 336 с.

2. Амаева, Л. А. Использование методов интеллектуального анализа данных для моделирования пользователя / Л. А. Амаева // Вестник технологического университета. - 2015. - №1 (18). - С. 320-322.

3. Федоров, Д. Ю. Программирование на языке высокого уровня Python: учеб. пособие для прикладного бакалавриата / Д. Ю. Федоров. – – М.: Издательство Юрайт, 2019 г. — 161 с.

Интеллектуальные информационные системы в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия

О.Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Д.Н. Смирнов, email:48dimka54@mail.ru
Д.А. Клюев,
Е.О. Румянцев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается применение интеллектуальных информационных систем в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия.*

Ключевые слова: *геоинформационные системы и технологии, эксплуатация автомобильного транспорта.*

Введение

Обеспечение дорожной безопасности, логистики, сервиса и эксплуатации автомобильного транспорта, как в военной сфере, так и в сфере управления автотранспортным предприятием, в настоящее время решаются за счет применения на практике современных интеллектуальных информационных систем, в частности, геоинформационных систем и технологий (ГИС и Т), данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) и навигационных систем. Одним из основных векторов развития ГИС и Т – совместное и широкое применение данных высокоточного глобального позиционирования того или иного объекта на воде или на суше, полученные с помощью систем ГЛОНАСС и GPS [1]. Эта системы уже давно широко используются в морской навигации, авиации, геодезии, военной сфере, на автомобильном транспорте. Применение их в сочетании с ГИС и Т и ДДЗ образует мощную триаду высокоточной, актуальной, вплоть до режима реального времени, постоянно обновляемой, объективной и плотно насыщенной территориальной информации. Спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС – GPS NAVSTAR предназначены для определения текущих координат пользователя на поверхности Земли или в околоземном пространстве. [2].

© Дзюбенко О.Л., Смирнов Д.Н., Клюев Д.А., Румянцев Е.О., 2020

1. Применение интеллектуальных информационных систем в эксплуатации военного автомобильного транспорта

В отечественной системе ГЛОНАСС сигналы получаются приемником от 24 искусственных спутников Земли, которые вращаются по 12 часовым орбитам на средневысотной круговой орбите на высоте 19400 км в трех орбитальных плоскостях. В аналогичной американской спутниковой GPS-системе орбиты спутников располагаются примерно между 60 градусами северной и южной широты. Этим достигается то, что сигнал хотя бы от некоторых спутников будет приниматься в любой точке земной поверхности и околоземного пространства в любое время при условии прямой видимости спутников. Система NAVSTAR GPS оплачивается и находится под контролем Департамента обороны США [3].

В нашей стране ГИС и Т широко используются в многообразных сферах и направлениях территориальной деятельности силовых ведомств: МО, МВД, МЧС, ФСБ, ФСО, Национальной гвардии и других. Несмотря на разницу в задачах этих структур, их организацию и т.д., все они работают с пространственно-координированными данными, данными дистанционного зондирования, цифровой картографической информацией, преимущественно не только с целью просмотра, но и всестороннего анализа.

Возрастающие объем и разнообразие необходимой информации требуют в Вооруженных Силах (ВС) профессионально подготовленных специалистов для управления военным автомобильным транспортом, и в частности, наземным обеспечением боевых действий сухопутных войск, авиации, флота, грамотно регулирующих эффективные и контролируемые процессы сбора, накопления, интеграции и использования всех необходимых руководителю информационных ресурсов, т.е. применения геоинформационных технологий и автоматизированных систем. Таким образом, применение ГИС и Т в подготовке военных специалистов наземного обеспечения является вполне обоснованным [4].

2. Применение интеллектуальных информационных систем в деятельности автотранспортного предприятия

Военные специалисты, закончившие службу в силовых ведомствах нашего государства, нередко продолжают свою трудовую деятельность в структурах отечественных автотранспортных предприятий. Полученная подготовка в военных вузах по эксплуатации военного автомобильного транспорта и обеспечению дорожной безопасности с применением ГИС и Т будет способствовать эффективному управлению автотранспортными средствами на гражданских предприятиях. Системы

мониторинга и логистики автотранспортного предприятия основываются на данных, полученных с помощью систем ГЛОНАС и GPS и предназначены для автоматизированного управления транспортными средствами (ТС) со стороны диспетчерского центра (ДЦ).

Основные функции, выполнение которых возможно с применением ГИС и Т современными системами мониторинга автомобильного транспорта на предприятии [5]:

- передача навигационной и телеметрической информации на ДЦ как по запросу, так и автоматически с дистанционно задаваемым интервалом или по событию, к примеру, дорожно-транспортному происшествию (ДТП);
- определение координат места нахождения, скорости и направления движения ТС в привязке к текущему времени в любое время суток при любой погоде с помощью сигналов спутниковых навигационных систем GPS и/или ГЛОНАСС. Среднеквадратичная ошибка определения координат (СКО) - не более 10 м;
- сбор и накопление навигационной и телеметрической информации в цифровых накопителях;
- передача информации из энергонезависимой памяти на ДЦ по каналу мобильной связи или по радиоканалу;
- представление местоположения ТС в виде условного знака на электронной карте диспетчера;
- прием, хранение и отображение на рабочем месте диспетчера навигационной и телеметрической информации, получаемой от ТС;
- ввод и хранение информации о ТС (модель, год выпуска, государственный номер, принадлежность к автопредприятию и др.);
- разработка маршрутов следования (в ручном режиме);
- учет пробега автомобилей и средней скорости движения ТС;
- учет времени незапланированного простоя ТС;
- получение отчетов на бумажных и электронных носителях;
- осуществление голосовой связи между ДЦ и ТС;
- количество ДТП на маршруте, интенсивность дорожного движения в зависимости от внешних факторов (дорожно-ремонтных работ, погодных условий, стихийных бедствий, экологической обстановки и пр.) и т.д.

В настоящее время около 80% всей мониторинговой информации содержит геоданные, то есть разнородные сведения о распределенных в

пространстве объектах, явлениях и процессах. Обладание такой координатно-привязанной информацией и возможность ее быстрого просмотра и анализа играет важную роль в управлении и развитии транспортной инфраструктуры предприятия. В решение экономических проблем, проблем логистики автомобильного транспорта помогает грамотное применения ГИС и Т, ДДЗ, навигационных систем.

Заключение

Таким образом, эффективная деятельность по управлению автомобильным транспортом в непростых современных экономических условиях невозможна без модернизации производства и внедрения новых инновационных технологий. В данной отрасли рынка перевозок применение геоинформационных систем и технологий в области организации движения, управлении парком транспортных средств, повышении качества обслуживания, реализации комплексной системы дорожной безопасности и т.д. является одним из приоритетных направлений развития.

Список литературы

1. Дзюбенко О.Л., Чмутин Е.В. Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации [Электронный ресурс]: материалы юбилейной IV Международной научно-практической конференции (31 марта 2016 г.). – Электрон. текстовые дан. (7,08 Мб). – Воронеж: Воронежский филиал РЭУ имени Г.В. Плеханова, 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. Навигационная аппаратура потребителей глобальных спутниковых систем «ГЛОНАСС» И GPS. Эксплуатационная документация КБ навигационных систем «НАВИС». – М.: Воениздат, 2004. – 324 с.

3. Иванников, А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н. Геоинформатика / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.

4. Козирацкий Ю.Л. Методическое обеспечение введения в учебный процесс высшего учебного заведения инновационных информационных технологий [Текст] / Ю.Л. Козирацкий, О.Л. Дзюбенко – М: изд. РУСАЙНС , 2017. – 112 [10] – Библиогр: с. 102-112/

5. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеков А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях / Т.А.Трифонова, Н.В. Мищенко, А.Н. Краснощеков // Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект, 2005. – 352с.

Автоматизация процесса сбора данных из лингвистических корпусов четвертого поколения

О. В. Донина, e-mail: olga-donina@mail.ru
Д. С. Дмитриев, e-mail: dmitriev-ds@protonmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В статье рассматриваются возможные способы автоматизации процесса сбора контекстов в корпусах Марка Дэвиса с учетом их преимуществ и ограничений.*

Ключевые слова: *Компьютерная лингвистика, корпусная система Марка Дэвиса, Web Scraping.*

Введение

Корпусы, т.е. лингвистические базы данных, помогают решать совершенно разнообразные задачи в современной лингвистике: во-первых, благодаря естественному контексту, возможно применение корпусов для решения теоретических вопросов; помимо этого, они используются при создании словарей и грамматик; на основе корпусных данных проводится машинное обучение и пр. Именно поэтому задача автоматизации сбора данных в этих ресурсах стоит довольно остро.

Т. Макэнери и Э. Харди были выделены четыре поколения корпусных программных средств [1], и хотя большинство современных инструментов корпусной лингвистики относится ими к третьему поколению, корпусная система Марка Дэвиса рассматривается как инструмент четвертого поколения, позволяющий работать с большими объемами данных, в связи с размещением базы данных на веб-сервере и предварительной индексации материала. Мы рассматривали возможности автоматизации выгрузки контекстов на примере корпуса NOW Corpus (Newspapers on the Web) (https://corpus.byu.edu/now/; обновленная в мае 2019 года версия сайта: https://www.english-corpora.org/now/).

1. Варианты автоматизации сбора данных из лингвистических корпусов

Наиболее распространенный вариант выгрузки данных с различных сайтов – через API. Как было выяснено при общении с создателями используемых нами корпусов: публичный API у них отсутствуют. В качестве альтернативных вариантов были предложены:

© Донина О. В., Дмитриев Д. С., 2020

1) приобретение групповой подписки (https://www.english-corpora.org/academic_license.asp) (стоимость: 300$ за 1 год для доступа 30 человек); нам этот вариант не подходит, так как групповая подписка только увеличивает количество ежедневных запросов, но функционал остается прежним, доступна только ручная выгрузка; 2) приобрести ограниченные архивные версии корпусов (https://www.corpusdata.org/purchase.asp;https://www.corpusdata.org/formats.asp) (стоимость одного корпуса варьируется от 245$ до 795$); и хотя в этом случае появляется возможность автоматизировать необходимые корпусные запросы, стоимость оказывается довольно высока (учитывая, что мы работаем с четырьмя различными корпусами, которые предполагают отдельную оплату каждого) и кроме того эта опция не предполагает получения обновлений, что неприемлемо при работе, например, с корпусом NOW, который обновляется каждый день.

В качестве альтернативного варианта была рассмотрена возможность использования Macro Recorder (таких, как: Auto Mouse Clicker, EasyClicks Macros, TinyTasks, Mouse Record Premium, Macro Toolworks, Mini Mouse Macro, Ghost Mouse, AutoHotkey), которые запоминают движения мышью и клавиатуры (аналогично записи макросов), и повторяют их. В этом случае можно было бы вводить исследуемые имена и классификаторы в поля поиска вручную, а процесс копирования контекстов из корпуса в файл .xls(x) формата записать при помощи этой программы в виде последовательности действий и запускать этот процесс необходимое для каждого имени количество раз. Но в связи с полу-автоматическим характером этого процесса и только относительным его упрощением, было принято решение отказаться от этого варианта.

В итоге наиболее соответствующим нашим задачам и материалу способом автоматизации сбора информации была признана постраничная выгрузка из корпуса (по сути, Web Scraping, т.е. сбор данных в сети, их последующая очистка и извлечение требующейся информации).

Подход состоял в том, чтобы запрограммировать действия, производимые пользователем самостоятельно при ручной выгрузке. Для этого в «Инструментах разработчика» браузера были изучены запросы к серверу и получаемые ответы. Программируемые этапы имитации действий пользователя при ручной выгрузке и используемые инструменты отражены на рисунке. Стоит отметить, что при реализации проекта было решено использовать универсальный мультипарадигменный скриптовый язык программирования Python, что, в первую очередь, обусловлено наличием большого количества

библиотек для решения разнообразных задач (в том числе, связанных с автоматической обработкой естественного языка). Далее рассмотрим имитируемые этапы подробнее.

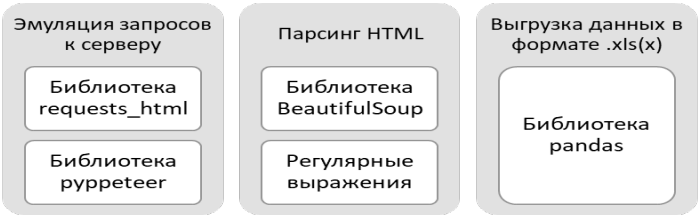


Рисунок. Этапы имитации действий пользователя при ручной выгрузке и используемые инструменты

Первым этапом выступает эмуляция запросов к серверу. Изначально для всех трех запросов использовалась библиотека requests_html для работы с HTTP, которая по сути является усовершенствованной версией разработанной ранее для аналогичных целей библиотеки urllib2. Библиотека requests_html позволяет выполнять запросы к серверу, обрабатывать его ответы и выгружать содержимое веб-страниц для последующего парсинга в виде HTML. Но при использовании данной библиотеки возникла проблема, заключающаяся в том, что сервер возвращал данные в формате отличном от того, что есть на сайте. Было принято решение использовать беззаголовочный браузер pyppeteer (headless chrome browser automation library), способный эмулировать работу браузера. До недавнего времени для решения подобных задач требовалось прибегать к использованию таких проектов, как PhantomJS. С появлением беззаголовочных браузеров появилась возможность визуализировать и анализировать веб-страницы без использования пользовательского интерфейса (UI – user interface), получая тот же результат, что и в традиционном режиме с UI. Пионером в области автоматизации действий веб-браузера и удаленного управления браузером считается инструмент Selenium, разработанный на Java. Pyppeteer же, позволяющий управлять браузером из кода Python с помощью относительно простого и высокоуровневого API, можно рассматривать как современную альтернативу использованию традиционного Selenium. Pyppeteer позволяет получить практически полный контроль над браузером Chrome, в том числе открывать вкладки, в реальном времени анализировать объектную модель документа (DOM), выполнять Javascript и многое другое.

На втором этапе для извлечения требующих данных с веб-страниц использовалась библиотека для XML/HTML-парсинга BeautifulSoup, которая, согласно разработчикам, способна преобразовывать даже неправильную разметку («tag soup»), откуда и получила свое название (с этой точки зрения, BeautifulSoup считается надежнее, чем ее более оперативно работающий аналог lxml). Несмотря на то, что, согласно документации, библиотека BeautifulSoup способна определять местоположение закрывающихся тегов, даже при их отсутствии, в процессе работы у нас возникла именно такая проблема: тег Font открывался, но не закрывался. В связи с этим, чтобы убрать невалидные элементы HTML, которые мешали парсингу BeautifulSoup, мы использовали регулярные выражения, удалив все теги Font.

На последнем этапе для выгрузки данных в формате .xls(x) мы воспользовались библиотекой для обработки и моделирования данных – pandas. Несмотря на то, что данная библиотека предоставляет множество способов анализа данных (в том числе группировка, создание сводных таблиц, визуализация при помощи графиков (при наличии matplotlib) и многое другое), для решения нашей задачи была актуальна возможность чтения и записи всех самых распространенных форматов данных (например, файлов .xls(x), HTML, SQL, .txt и пр.), а также наличие объекта табличной структуры данных DataFrame.

В результате реализации рассмотренного подхода, мы получаем .xls(x)-файл, содержащий данные, по формату полностью соответствующие результатам, выдаваемым в корпусе NOW. Стоит отметить масштабируемость данного подхода, который в дальнейшем может быть применен и для остальных корпусов Марка Дэвиса (например, COCA, GloWbE, iWeb и т.д.).

Заключение

В результате сопоставления различных подходов к сбору данных из лингвистических корпусов (таких как: Scraping tools, Macro Recorder, API, оплата подписки, оплата архивных версий) на примере корпусной системы Марка Дэвиса было показано, что при работе с корпусами четвертого поколения наиболее эффективным способом автоматизации сбора информации является постраничная выгрузка из корпуса или Web Scraping.

Список литературы

1. McEnery T. Corpus Linguistics: method, theory and practice / T. McEnery, A. Hardie. – Cambridge University Press, 2012. – 235 p.

Использование технологии машинного зрения для разработки системы поиска и обнаружения инородных тел для обеспечения качества выпускаемой продукции

Н. Г. Егоров, email: ancrik@yandex.ru
Л. А. Амаева, email: achaevala@yandex.ru

Нижнекамский химико-технологический институт

Аннотация. *В данной работе разработана система, позволяющая осуществлять поиск и обнаружение инородных тел в крошке каучука.*

Ключевые слова: *машинное зрение, цветовое пространство, язык программирования Python.*

Введение

В последнее время, в связи с быстрым ростом компьютерной техники, а также с высоким объемом информации увеличивается необходимость в системах автоматизации.

Ежегодно повышается потребность к высокому качеству производства. Чтобы соответствовать современным требованиям, предприятиям необходимо обновлять или вводить в производство инновационные методики работы. Отсутствие соответствующей аппаратуры приводит в невозможности проверки продукции на соответствие стандарта выпускаемой продукции. При стратегически важном выборе пути дальнейших действий предприятия, где преследуется цель – поднять производственные показатели, одним из главных способов является – установка системы машинного зрения. Машинное зрение стало отдельным направлением, которое в короткое время обратило на себя внимание инженеров. Это направление привлекает открытым исходным кодом. Даже огромные IT – компании готовы делиться новыми открытиями и инновациями с разработчиками для исследования и внедрения в производство.

1. Введение в технологию машинного зрения

Машинное зрения – это использование на производстве набора методов, технологий и алгоритмов, дающие возможность компьютеру находить и идентифицировать объект [1]. Понятие машинное зрение включает в себя множество направлений инженерии:

– программирование;

© Егоров Н. Г., Амаева Л. А., 2020

– вычислительная техника;
– оптика;
– механика;
– автоматизация.

С момента появления машинное зрение активно внедряется и используется на различных этапах технологического процесса. Однако основное свое применение данная технология нашла в контроле качества. Использование машинного зрения позволяет исключить человеческий фактор, проводить значительно более точный анализ объекта, различая даже микроскопические дефекты структуры, снизить издержки производства, а также автоматизировать процесс контроля качества.

Применение данной системы не ограничивает качество контроля даже особо сложных продуктов, позволяя предприятиям быть проинформированными и в микроскопических изменениях структуры продукции, тем самым уменьшая издержки производства. Процесс отслеживания брака или слежения за качеством структуры продукта можно также автоматизировать. Эти достоинства системы перед естественными, физическими, ограниченными возможностями человека завершаются экономией средств на зарплату сотрудникам.

Процесс внедрения системы поиска и обнаружения брака для реализации с помощью конструктивного подхода можно разложить по основным этапам:

– разработка технического задания;
– проектирование системы;
– проведение закупочных процедур;
– шеф-монтажные работы;
– отладка;
– пуск.

2. Архитектура системы поиска и обнаружения инородных тел

Под проектированием любой программы, созданием ее структуры подразумевается декомпозиция программы на подсистемы (функциональные модули, сервисы, слои, подпрограммы) и организация их взаимодействия друг с другом и внешним миром. Причем, чем более независимы подсистемы, тем безопаснее сосредоточиться на разработке каждой из них в отдельности в конкретный момент времени и при этом не заботиться обо всех остальных частях

В соответствии с основными функциями системы представим ее структуру (рис. 1).

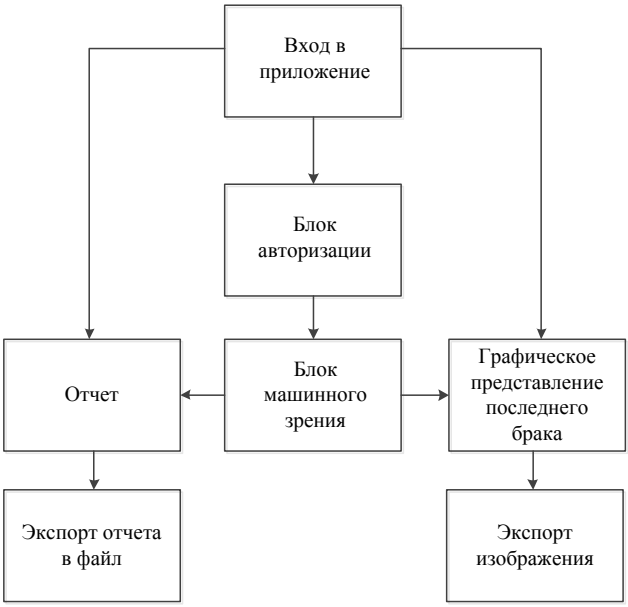


Рис. 1. Архитектура системы разработки поиска и обнаружения инородных тел в крошке каучука

При реализации структуры системы выделены основные блоки системы:

- блок авторизации;
- блок машинного зрения;
- блок составления отчета;
- блок графического представления;
- блоки экспорта файлов.

3. Реализация системы

Специализированное программное обеспечение для системы машинного зрения было реализовано на интерпретируемом языке высокого уровня – Python. Наличие множества пакетов и модулей делают этот язык гибким и очень удобным для быстрой разработки приложения под конкретные задачи [3].

Для нахождение определенного цвета или диапазона оттенков цвета необходимо оперировать цветовыми пространствами RBG и HSV.

Цветовое пространство RGB широко используется и обычно является цветовым пространством по умолчанию для хранения и представления цифровых изображений. Любой цвет может быть

получен путем смешивания трех базовых цветов. В зависимости от того, сколько берется из каждого базового цвета, может быть создан любой цвет. Реверсирование этой техники позволяет разбить конкретный цвет на компоненты его составляющие. Эти значения можно использовать для поиска похожих цветных пикселей на изображении.

Цветовое пространство HSV представляет цвета, используя три значения (рис. 2):

– оттенок: этот канал кодирует информацию о цвете цвета. Оттенок можно представить себе, как угол, где 0 градусов соответствует красному цвету, 120 градусов соответствует зеленому цвету, а 240 градусов соответствует синему цвету;
– насыщенность: этот канал кодирует интенсивность / чистоту цвета. Например, розовый цвет менее насыщен, чем красный;
– значение: этот канал кодирует яркость цвета. В этом канале отображаются компоненты затенения и блеска изображения.

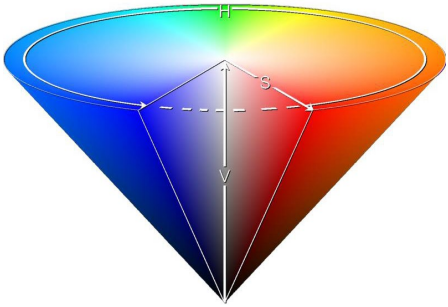


Рис. 2. Представление модели HSV цилиндрической формы

При разработке приложения главным преимуществом использования цветового пространства HSV является то, что цвет/оттенок/длина волны представлены только компонентом оттенка.

Для запуска начала работы пользователю необходимо пройти авторизацию. В блоке авторизации производится определение пользователя по логину и паролю. После определения, пользователь может начать работу в системе машинного зрения.

В ходе работе при регистрации брака программа производит сигнализацию с выводом соответствующего окна, а также формирует отчет и сохраняет фотографию последнего брака.

Рис. 3. Рабочий момент

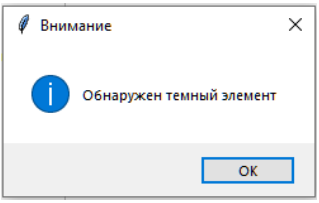
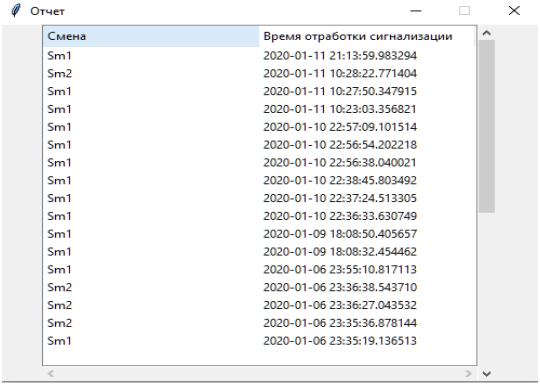


Рис. 4. Отработка программы по нахождению брака

В приложении пользователь имеет право доступа к отчету о предыдущих сигнализациях и графическому представлению последнего брака. Отчет экспортируется во внешний файл для последующего сохранения и открытия в программе. Графическое представление последнего брака также должно быть сохранено для последующего открытия.



Смена	Время отработки сигнализации
Sm1	2020-01-11 21:13:59.983294
Sm2	2020-01-11 10:28:22.771404
Sm1	2020-01-11 10:27:50.347915
Sm1	2020-01-11 10:23:03.356821
Sm1	2020-01-10 22:57:09.101514
Sm1	2020-01-10 22:56:54.202218
Sm1	2020-01-10 22:56:38.040021
Sm1	2020-01-10 22:38:45.803492
Sm1	2020-01-10 22:37:24.513305
Sm1	2020-01-10 22:36:33.630749
Sm1	2020-01-09 18:08:50.405657
Sm1	2020-01-09 18:08:32.454462
Sm1	2020-01-06 23:55:10.817113
Sm2	2020-01-06 23:36:38.543710
Sm2	2020-01-06 23:36:27.043532
Sm2	2020-01-06 23:35:36.878144
Sm1	2020-01-06 23:35:19.136513

Рис. 5. Окно «Отчет»

Данная система настроена на нахождение именно темных пятен, но можно расширить диапазон цветов для перенастройки программы под другой вид продукции.

Разработанная система достаточно проста в использовании, не требует целевого обучения персонала.

Заключение

Предложенная система может быть внедрена в линии конвейерных лент, с целью уменьшения брака в производстве, с сохранением в архиве ответственных лиц, определяемых при авторизации, за качество готовой продукции и времени сработки сигнализации по наличию брака.

В работе разработан алгоритм работы системы технического зрения. Суть этого алгоритма заключается в том, чтобы определить наличие на крошке темных включений и исключить бракованный продукт.

Список литературы

1. Амаева, Л. А. Использование методов интеллектуального анализа данных для моделирования пользователя / Л. А. Амаева // Вестник технологического университета. - 2015. - №1 (18). - С. 320-322.

2. Потапов, А.С. Автоматический анализ изображений и распознавание образов / А.С. Потапов. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. - 292 с.

3. Федоров, Д. Ю. Программирование на языке высокого уровня Python: учеб. пособие для прикладного бакалавриата / Д. Ю. Федоров. – – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 161 с.

Некоторые аспекты искусственного интеллекта как драйвера цифровой трансформации экономики России

А.А. Зацаринный, email: alex250451@mail.ru [4]
В.М. Лазарев, email: lazarev@oaosu.ru[2]

[1]Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН)
[2]Акционерное общество «Системы управления» (АО «Системы управления»)

Аннотация. Аннотация. *Рассмотрены концептуальные и научно-методологические аспекты развития проблематики искусственного интеллекта (ИИ) в формировании в России информационного пространства цифровой экономики. Показаны роль и место технологий искусственного интеллекта в реализации задач создания цифровой экономики. Приведена краткая характеристика российского научного задела в области ИИ. Обоснована необходимость системной организации всего комплекса работ в соответствии с комплексной целевой программой «Искусственный интеллект как драйвер цифровой трансформации экономики России».*

Ключевые слова: Ключевые слова. *Цифровая экономика, технологии искусственного интеллекта, единое информационное пространство, комплексная целевая программ.*

Введение

В настоящее время в России принята и начала практически осуществляться государственная стратегия развития цифровой экономики[1-4]. Ее инициатором стал Президент России В.В. Путин, который в своем Послании Федеральному Собранию РФ от 1 декабря 2016 г. предложил «запустить масштабную системную программу развития экономики нового технологического поколения – цифровой экономики» и обозначил ряд ключевых позиций: фундаментальная наука, исследовательская инфраструктура, IT-индустрия, собственные передовые разработки, цифровые технологии и, наконец, программа развития цифровой экономики [2]. Этот курс подтвержден и в последнем Послании Президента РФ от 15.01.2020 г. [1].

Все эти направления являются очень актуальными для развития нашей страны, находятся в соответствии с мировыми тенденциями

© Зацаринный А. А., Лазарев В. М., 2020

развития экономики, которые в концентрированном виде представлены в известной монографии Клауса Шваба «Четвертая промышленная революция» [5]. При этом надо отметить, что такая направленность инновационного развития России во многом была подготовлена Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, принятой в 2016 г. [3].

В качестве важнейшего приоритета развития России на период 10–15 лет в «Стратегии…» определен «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Внедрение цифровой экономики на основе полномасштабного использования технологий искусственного интеллекта позволит достичь целого ряда результатов, которые сегодня представляются просто немыслимыми. Так, по прогнозам экспертов Давосского форума в 2015 году выделяются следующие результаты цифровой экономики, ожидаемые к 2025 году [5]: 10% людей носят одежду, подключенную к сети Интернет; 90% людей имеют возможность неограниченного и бесплатного (поддерживаемого рекламой) хранения данных; триллион датчиков, подключенных к сети Интернет; первый робот-фармацевт в США; 10% очков для чтения подключены к сети Интернет; 80% людей с цифровым присутствием в сети Интернет; производство первого автомобиля при помощи 3D печати; первое правительство, заменяющее перепись населения источниками больших данных; первый имеющийся в продаже имплантируемый мобильный телефон; 5% потребительских товаров создано с помощью технологии 3D печати; 90% населения используют смартфоны; 90% населения имеет регулярный доступ к сети Интернет; беспилотные автомобили составляют 10% от общего количества автомобилей на дорогах США; первая пересадка печени, созданной с использованием 3D печати; 30% портативных аудиторских проверок проводит искусственный интеллект (ИИ); правительство впервые собирает налоги при помощи цепочки блоков (технологии блокчейн); более 50% домашнего интернет-трафика приходится на долю приложений и устройств; превышение количества поездок/путешествий на автомобилях для совместного использования над поездками на частных автомобилях; первый город с населением более 50000 без светофоров; 10% всемирного валового продукта хранится по технологии цепочки блоков (технологии блокчейн); первый ИИ-робот в составе корпоративного совета директоров.

Особая роль технологий искусственного интеллекта определила актуальность разработки комплексной целевой программы исследований, разработок, создания продуктов и услуг на период до 2024 года «Искусственный интеллект как драйвер цифровой трансформации экономики России» (далее – КЦП). Проект КЦП был разработан Федеральным исследовательским центром «Информатика и управление» РАН (ФИЦ ИУ РАН) и представлен в мае 2019 г. директором ФИЦ ИУ РАН академиком И.А. Соколовым на Совете по первому приоритетному направлению Стратегии научно-технологического развития (председатель академик И.А. Каляев). Совет рассмотрел и одобрил КЦП. В настоящее время выполняется апробация программы с потенциальными индустриальными партнерами.

1. 1. Роль, место технологий искусственного интеллекта в реализации задач создания цифровой экономики

Целью комплексной программы является создание технологий искусственного интеллекта, обеспечивающих повышение производительности труда, создание новых видов продукции, рост экономического благосостояния, продолжительности и качества жизни российского общества, укрепление национальной безопасности и достижение национальных приоритетов на международной арене.

В качестве основных задач КЦП выделены: развитие фундаментальных исследований; создание базовых технологий искусственного интеллекта; разработка аппаратно-программных средств на основе базовых технологий; внедрение технологий искусственного интеллекта в различные сферы цифровой экономики; подготовка кадров в области искусственного интеллекта и интеллектуальных технологий.

Актуальность разработки КЦП определяется тем, что технологии искусственного интеллекта - один из доминирующих факторов развития современного общества.

За последние пятнадцать месяцев свои национальные стратегии в области ИИ и продвижения ИИ-технологий выпустили 30 стран, в том числе Канада, Китай, Дания, Финляндия, Франция, Индия, Италия, Япония, Мексика, Скандинаво-Балтийский регион, Сингапур, Южная Корея, Швеция, Тайвань, ОАЭ и Великобритания.

США и Китай - лидеры в исследовательской деятельности: в 2018 году доля публикаций США по направлению искусственного интеллекта составила 12,5 %, Китая – 25,3 %.

Россия занимает 25 место с менее чем 1% от всего количества публикаций в мире по искусственному интеллекту (позади таких стран, как Иран, Малайзия и Греция). При этом Россия входит в десятку стран-

лидеров по количеству научных публикаций в области физики, математики, химии.

1. Влияние технологий искусственного интеллекта на социально-экономическое развитие Российской Федерации также соответствует общемировым тенденциям. Ожидается, что использование технологий искусственного интеллекта позволит значительно ускорить экономический рост в Российской Федерации.

Потенциал такого ускорения сопоставим с прогнозируемыми темпами развития для аналогичных стран (например, КНР) и может достигать более 5% в год к 2030 году.

Отмеченные аспекты подчеркивают крайнюю актуальность ускоренной разработки рассматриваемой КЦП.

2. Краткая характеристика российского научного задела в области ИИ

Представляется важным отметить Российский научный задел в области ИИ, который аккумулируется в сложившихся научных школах фундаментальных исследований. Среди них можно отметить научные школы: Поспелов Д.А. – ситуационное управление, экспертные системы, нечеткие системы, моделирование рассуждений; Васильев С.Н. – логические методы в теории управления; Вапник Н.В. – теория машинного обучения; Журавлев Ю.И. – теория распознавания образов; Осипов Г.С. – интеллектуальные динамические системы, анализ естественного языка; Финн В.К. – правдоподобный вывод, ДСМ-метод; Желтов С.Ю. – обработка информации в сложных системах управления; Величковский Б.М. – исследование сознания и внимания в психологии; Золотова Г.А. – модель коммутативной грамматики в лингвистике; Апресян Ю.Д. – модель «Смысл → Текст»; Лекторский В.А. – гуманитарные аспекты искусственного интеллекта.

Авторам статьи представляется важным отметить роль и место ФИЦ ИУ РАН в проведении исследований в области ИИ.

ФИЦ ИУ РАН является лидером мирового рейтинга5 среди российских научных организаций за 2017 год. В соответствии с предметными списками World Research Institutions Ranking (WRIR) - рейтинга мировых научных организаций по Российской Федерации ему

5 Рейтинг World Research Institutions Ranking (WRIR) на сайте Европейской научно-промышленной палаты: http://eurochambres.org/wrir/wrir-2018/informatsionnye-tekhnologii/

присвоена высшая категория «А», соответствующая международным топ-требованиям.

Указанный рейтинг составляется Европейской научно-промышленной палатой (создана в 1992 году). Для обработки данных используются исключительно информационные технологии, что позволяет избежать субъективности оценок научных организаций. Методика основана на европейских стандартах и критериях и учитывает качество научных исследований, инновационность инфраструктуры, количество и качество публикаций, цитируемость, участие в симпозиумах и конференциях, вовлечение молодых специалистов в научные исследования.

Фундаментальные научные исследования проблематики искусственного интеллекта выполняются в ФИЦ ИУ РАН как в рамках целевого научного направления по программе развития «Системы искусственного интеллекта, извлечение знаний и анализ текстов» под руководством руководителя Российской ассоциации искусственного интеллекта профессора Осипов Г.С., так и нескольких других направлений: «Математические методы анализа данных и прогнозирования» (академики РАН Журавлев Ю.И., Рудаков К.В.), «Методы и программные средства накопления и обработки больших данных» (д.т.н. Будзко В.И.), «Информационные, управляющие и телекоммуникационные системы» (д.т.н. профессор Зацаринный А.А.), «Информационная безопасность» (д.ф-м.н. профессор Грушо А.А.), «Информатика в образовании» (академик РАН Семенов А.Л.)

3. Характеристика ожидаемых результатов при реализации мероприятий КЦП

По К. Швабу основные черты четвертой промышленной революции – это «вездесущий» и мобильный Интернет, миниатюрные производственные устройства (они постоянно дешевеют и становятся все более доступными), искусственный интеллект и обучающиеся машины» [4]. Это так называемые мегатренды развития информационных технологий цифровой экономики.

Программа реализуется путем организации и комплексного проведения следующих мероприятий [8]:

1. Развитие фундаментальных исследований в области искусственного интеллекта как основы создания новых методов и моделей в области обработки и интеллектуального анализа больших данных, понимания естественного языка, коалиций интеллектуальных агентов и методы мультиагентного взаимодействия при решении групповых задач, машинного обучения и распознавания образов.

2. Развитие базовых технологий искусственного интеллекта, которые обеспечат интеграцию передовых результатов фундаментальных исследований в технологическую сферу путем создания базовых технологий искусственного интеллекта в области извлечения знаний из различных источников, распознавания образов, поддержки принятия решений и прогнозирования, интеллектуального анализа данных и машинного обучения, планирования и управления целенаправленным поведением в неструктурированных средах, мультиагентного управления и диспетчирования ресурсов в распределенных системах, интеллектуального анализа текстов.

3. Создание инструментов и аппаратно-программных средств искусственного интеллекта, которые приведут к усовершенствованию инструментальных средств развития новых методов и подходов в области искусственного интеллекта и устранению барьеров на пути применения разработанных интеллектуальных систем в сфере цифровой экономики.

4. Внедрение технологий искусственного интеллекта для повышения уровня обеспеченности наукоемкими интеллектуальными технологиями различных сфер экономик (промышленного производства, транспортных систем, здравоохранения, сельского хозяйства, банковского сектора, национальной безопасности, образования, энергетики и др.).

5. Подготовка кадров и развитие инфраструктуры в области искусственного интеллекта путем создания передовых научно-образовательных центров по искусственному интеллекту, включения специальности «Искусственный интеллект» в перечень специальностей ВАК и создания университетских программ подготовки специалистов по искусственному интеллекту, которая должна привести к увеличению доли исследователей в возрасте до 39 лет, занимающихся исследованиями в области искусственного интеллекта, и позволит улучшить обеспеченность ведущих лабораторий современными вычислительными мощностями для проведения работ в области искусственного интеллекта.

Применительно к первому направлению (развитие фундаментальных исследований) важным является получение результатов, связанных с развитием: методов предобработки и интеллектуального анализа данных; формальных моделей понимания естественного языка; моделей коалиций интеллектуальных агентов и методы мультиагентного взаимодействия при решении групповых задач; методов машинного обучения и распознавания образов.

Применительно ко второму направлению ожидаемые результаты непосредственно связаны с дальнейшим всесторонним развитием таких базовых технологий: технологии машинного обучения; технологии извлечения знаний из различных источников; технологии интеллектуального анализа больших данных; технологии распознавания образов; технологии прогнозирования и поддержки принятия решений; технологии планирования и управления целенаправленным поведением в неструктурированных средах; когнитивные технологии; технологии мультиагентного управления и диспетчирования ресурсов в распределенных системах; технологии мультимодальной аналитики и рассуждений; технологии обработки естественных языков; технологии автономных непилотируемых интеллектуальных систем; технологии создания машин знаний и их операционных систем; технологии гибридного человеко-машинного интеллекта

На основании базовых технологий ИИ будут разработаны и внедрены в различные сферы жизнедеятельности не менее 12 прикладных технологий искусственного интеллекта: технология интеллектуальных мультимодальных интерфейсов, мультимодальной аналитики и рассуждений, имеющих прогнозный и доказательный характер; технологии оперативного мониторинга интеллектуальной деятельности научно-технологического сообщества, обработки репозиториев, содержащих описания научных, инженерных и технологических решений; интеллектуальные технологии сельскохозяйственного производства («умное поле», «умная ферма», «умная теплица» и т.п.); технологии интеллектуальной поддержки создания инновационных решений в высокотехнологичных и наукоемких отраслях, обеспечивающих укрепление научно-технической и технологической независимости и безопасности; технологии мониторинга, анализа, прогнозирования и управления развитием инновационной деятельности; технологии интеллектуальной поддержки управленческих решений и новых знаний в сфере производственной деятельности; интеллектуальные технологии поддержки жизнедеятельности общества: «умный дом», «умный город», «умный сервис», «умная больница», «интеллектуальный транспорт» и др.; интеллектуальные технологии повышения эффективности разведки и добычи полезных ископаемых: «интеллектуальная скважина», «интеллектуальное месторождение» и др.; интеллектуальные технологии мониторинга и защиты окружающей среды и повышения надежности экологически опасных объектов; интеллектуальные технологии обнаружения и противодействия социогуманитарным и террористическим угрозам; интеллектуальные технологии

персонализированной медицины; интеллектуальные технологии рационального подбора кадров и коллективов, обладающих необходимыми компетенциями для работ по приоритетным направлениям науки и техники.

В рамках КЦП планируется разработать и внедрить более 60 прикладных технологий искусственного интеллекта.

Применительно к третьему направлению (создание инструментов и аппаратно-программных средств) в качестве основных результатов можно отметить разработку аппаратно-программных средств, необходимых для реализации и внедрения технологий искусственного интеллекта: аппаратно-программные платформы (в том числе нейросетевые) для реализации методов и алгоритмов искусственного интеллекта; машины знаний и их операционные системы; создание специализированных суперкомпьютеров и суперкомпьютерных центров для решения задач в области искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения репозитарии данных для машинного обучения.

Применительно к четвертому направлению (внедрение технологий искусственного интеллекта в различные сферы цифровой экономики) основные результаты связаны с внедрением технологий искусственного интеллекта в такие сферы как: промышленное производство; транспортные системы; энергетика; здравоохранение; банковский сектор; торговля и логистика; сельское хозяйство; национальная безопасность; образование; городская инфраструктура; государственное управление.

Применительно к пятому направлению (подготовка кадров в области искусственного интеллекта) ожидаемые результаты связаны с проведением комплекса работ по: развитию кадрового потенциала; созданию университетских программ по искусственному интеллекту; включению специальности «Искусственный интеллект» в номенклатуру специальностей ВАК.

В целом в качестве ожидаемых результатов программы можно отметить: реализацию 8 университетских программ подготовки и переподготовки специалистов по искусственному интеллекту в условиях развития цифровых технологий создание не менее 5 научно-образовательных центров мирового уровня в области искусственного интеллекта разработку моделей правового регулирования интеллектуальных технологий, позволяющие соблюсти баланс между сохранением фундаментальных общественных и правовых ценностей создание аппаратно-программной инфраструктуры и платформы поддержки решения задач искусственного интеллекта, в том числе специализированные суперкомпьютеры и суперкомпьютерные центры

для решения задач в области искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения.

Программа реализуется путём Государственных контрактов на выполнение НИР И ОКР, а также путём заключения договоров на разработку технологий и услуг с Заказчиками программы.

Благодаря поддержке РФФИ, РНФ и ФПИ исследований в области искусственного интеллекта в РФ создан серьёзный научный задел в области методов и технологий искусственного интеллекта, в том числе разработаны: методы машинного обучения при решении задач обработки изображений и распознавания образов; методы автономной координации и управления в коалициях интеллектуальных агентов; методы коллективного взаимодействия роботов при решении групповых задач; когнитивные компьютерные моделей с пониманием естественного языка, методы и системы поддержки научных исследований; методы искусственного интеллекта для обеспечения информационной безопасности; методы автоматизации рассуждении; методы планирования и управления поведением в сложных неструктурированных средах и т.д.

Общая оценка экономических и социальных эффектов развития Российской Федерации на основе технологий, разрабатываемых в комплексной программе, показывает, что использование технологий искусственного интеллекта в цифровой экономике может обеспечить ускорение инновационного развития и рост экономики Российской Федерации в целом, в том числе, за счет прогнозирования возможных точек научно-технологического роста и потенциального технологического прорыва.

Заключение

Формирование информационного пространства цифровой экономики становится сегодня одним из приоритетных направлений инновационного развития России. При этом одним из доминирующих факторов цифровой трансформации общества становится искусственный интеллект.

Практически все развитые страны в последние годы приняли программные документы по развитию и внедрению технологий искусственного интеллекта. Важно, что в 2019 году и в России утверждена Национальная стратегия искусственного интеллекта.

Ведущие научные и образовательные российские организации (ФИЦ ИУ РАН, МГУ, МФТИ, ИТМО и другие), а также предприятия Государственных корпораций обладают значительным научным заделом в части методов и технологий искусственного интеллекта, который в

настоящее время недостаточно востребован в рамках комплексов работ, выполняемых в рамках национальных проектов.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ (проект 18-29-03091).

Список литературы

1. Послание Президента Российской Федерации В.В. Путина к Федеральному Собранию РФ от 15 января 2020 г.

2. Послание Президента Российской Федерации В.В. Путина к Федеральному Собранию РФ от 1 декабря 2016 г.

3. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

4. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждена Распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 №1632-р.

5. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – М.: Эксмо, 2016. – 208 с.

6. Зацаринный А.А., Киселев Э.В., Козлов С.В., Колин К.К. Информационное пространство цифровой экономики России. Концептуальные основы и проблемы формирования. /Под общей редакцией А.А. Зацаринного. - М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 234 с.

7. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С., Козлов С.В. Некоторые вопросы проектирования информационно-телекоммуникационных систем. – М.: ИПИ РАН, 2010. – 218 с. – ISBN - 978-5-902030-85-0.

8. Колин К.К. Информационная цивилизация. М.: ИПИ РАН, 2002. – 112 с.

9. Бетелин В.Б. О проблеме импортозамещения и альтернативной модели экономического развития России // Стратегические приоритеты, 2016, № 1(9). С. 11-21.

О некоторых количественных характеристиках фрактальности в языке

А. А. Кретов, email: kretov@rgph.vsu.ru 1
М.В. Половинкина, email: polovinkina-marina@yandex.ru 2
И. П. Половинкин, email: polovinkin@yandex.ru 1
М. В. Ломец, email: marusya.lomets@gmail.com 1

[1] Воронежский государственный университет,
[2] Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. *В работе понятие фрактальной размерности объекта, введенное Б. Мандельбротом, распространяется на язык как на фрактальный объект. Рассматривается вопрос о практическом вычислении фрактальной размерности, а также вопрос о мотивации применения фрактальной концепции к языку.*

Ключевые слова: *закон Хипса, самоподобие, фрактальность языка, фрактальная размерность.*

Введение

Теория нелинейной динамики сталкивается со многими явлениями в самых различных сферах деятельности, где может быть применен используемый в ней аппарат. В частности, это можно сказать и о принципе самоподобия и концепции фрактала. Можно сказать, что концепция фрактала в математике и физике приобрела сформировавшиеся очертания. В других сферах деятельности обнаружения эффектов самоподобия и возможности использовать инструментарий теории фракталов носят, скорее, разрозненный характер, хотя при этом база выявленных фактов достаточно обширна. В настоящей работе мы предлагаем посмотреть на некоторые достижения в современной лингвистике с точки зрения теории фракталов.

1. Фрактальная размерность текста метакниги.

В работе [1] предпринята попытка уточнения закона Хипса (со ссылкой на [2]), согласно которому количество различных (уникальных) слов (N), как функция от общего количества слов в книге (M), имеет порядок роста $\Theta\left(M^{\alpha}\right)$, где $\alpha \in (0,1)$. Рассматривая закон Хипса не как асимптотическую оценку, а как точную формулу с переменным показателем α, авторы переписывают его в виде

© Кретов А. А., Половинкина М.В., Половинкин И. П., Ломец М. В., 2020

$$\alpha = \alpha(M) = \ln N / \ln M. \qquad (1)$$

Мы видим в этом повод обратиться к аппарату, развитому в теории фракталов. Фрактальные (самоподобные) проявления в языке замечены многими авторами (см., напр., [2-4]). В основном речь идет о констатации и вербальном описании самоподобия в языке. Однако есть все основания рассмотреть и количественные характеристики фрактальности языка, учитывая формулу (1). В книге [5] основателя теории фракталов Бенуа Мандельброта описан следующий поход к понятию фрактальной размерности. Выберем в пространстве R^d совокупность конгруэнтных «атомарных» множеств, имеющих топологическую размерность d. Это множество либо d-мерных шаров, либо d-мерных кубов. Для определенности будем считать, что это шары. Пусть фрактальный объект находится в пространстве R^d. Зафиксируем достаточно малый радиус $l > 0$. Покроем целиком фрактальный объект шарами радиуса l. Предположим, что для этого потребовалось как минимум $N = N(l)$ шаров. Число

$$\alpha_0 = -\lim_{l \to 0} (\ln N / \ln l) = \lim_{l \to 0} (\ln N / \ln(1/l)) \qquad (2)$$

называется фрактальной размерностью рассматриваемого объекта. В форме (2) это определение едва ли подойдет для характеристики текста, поскольку мы не можем устремлять к нулю размер атомарного множества, которым естественно считать слово (словоупотребление). Придется его немного изменить с целью приспособить к нашим нуждам.

В обозначениях [1] положим

$$l = 1/M. \qquad (3)$$

Можно интерпретировать равенство (3) следующим образом. Считая словоупотребление «атомарным кирпичиком» для рассматриваемого текста, мы определяем его размер, соизмеряя этот «кирпичик» с самим же текстом, так как, собственно, его больше нечем измерить. Иными словами, за размер «атома» мы принимаем долю, занимаемую им в целом. Под мощностью же покрытия текста мы понимаем количество уникальных слов (лемм), словоупотребления которых составили весь текст. Далее по определению положим

$$\alpha_0 = -\lim_{l \to 0} (\ln N / \ln l) = \lim_{M \to +\infty} (\ln N / \ln M) = \lim_{M \to +\infty} \alpha(M), \qquad (4)$$

а число α_0, определенное формулой (4), назовем фрактальной размерностью языка. Здесь под языком мы подразумеваем как национальный язык, так и язык писателя или язык отрасли знаний

(например, язык научной литературы по химии, математике, язык публицистики и т.д.)

2. О практическом вычислении фрактальной размерности текста.

Конечно, сразу же возникают вопросы. Первый из них состоит в том, как на практике вычислить фрактальную размерность текста. В формуле (4) предполагается, что объем текста M, понимаемый как количество словоупотреблений в нем, может принимать сколь угодно большие значения. Если речь идет о тексте некоторого произведения, то, разумеется, это не так. Авторы упомянутой работы [1] вводят понятие метакниги писателя как объединения всех текстов, написанных этим писателем. Если писатель достаточно плодовит, то такая концепция позволяет считать, что $M \to +\infty$, хотя при практическом вычислении все равно приходится ограничиваться имеющейся длиной метакниги для вычисления приближенного значения α_0. Эксплуатируя концепцию метакниги, мы невольно вынуждены отказаться от хронологической последовательности при рассмотрении совокупности произведений писателя. Важна лишь длина фрагмента метакниги. Однако речь не идет о бессистемном перемешивании текстов входящих в метакнигу произведений. Предполагается все же их конкатенация с соблюдением монотонности последовательности длин произведений, образующих метакнигу. Авторы [1] утверждают и иллюстрируют примерами текстов трех разных авторов (Гарди, Мелвилла и Лоуренса), что α убывает с возрастанием M. Наши наблюдения за текстами Л.Н. Толстого этот вывод не опровергают. Однако мы пришли к такому выводу лишь после сортировки текстов по их размерам в порядке возрастания. В этом смысле творчество Л.Н. Толстого представляет собой очень удобный объект исследования, поскольку Л.Н. Толстому принадлежат как сравнительно небольшие, так и весьма объемные («Война и мир») произведения, причем и диапазон между длинами маленьких и больших произведений заполнен достаточно плотно. Конкатенация же текстов, расположенных в хронологическом порядке, к такому выводу не приводит. Тем не менее, мы считаем возможным отправляться от этого положения (α является убывающей функцией переменной M). Как известно, предел убывающей на промежутке функции в правом конце этого промежутка равен точной нижней грани функции на этом промежутке. Поэтому значение α при максимальном значении M в заданном диапазоне и следует считать наилучшим приближением фрактальной размерности.

3. Об оправданности обращения к концепции фрактальной размерности текста.

Следующий вопрос, который возникает при анализе определения фрактальной размерности текста, состоит в том, почему вообще мы вправе перенести понятие из теории фракталов в сферу языкознания. Здесь мы исходим из того, что язык как объект исследования обладает (или, по крайней мере, может быть наделен исследователем) одним из основных свойств, выделяющих фрактал, а именно свойством самоподобия. Для иллюстрации одного из проявлений самоподобия обратимся к концепции ядра и периферии языка (подробнее об этом см. в монографии [7], в соответствии с которой мы и строим изложение в этом разделе).

Вследствие неравномерности распределения функциональной нагрузки, лексико-семантическая система обладает как наиболее устойчивыми, так и наиболее изменчивыми участками. Первые относятся к функциональному ядру, вторые - к функциональной периферии лексико-семантической системы.

Понятия ядра (центра) и периферии прочно утвердились в лингвистике [8]. Имеется, по меньшей мере, два понимания ядра. При одном из них к ядру относятся наиболее типичные, распространенные, массовидные явления. Так, однозначных слов в словаре больше, чем двузначных или трехзначных, следовательно, по этому признаку к ядру следует отнести, в первую очередь, однозначные слова, затем - двузначные, трехзначные, а десяти- и более -значные слова будут отнесены к периферии.

При втором подходе к ядру относят те явления, которые имеют максимальную степень проявления какого-либо признака, а к периферии - явления с минимальной степенью проявления признака. В таком случае к ядру будут относиться слова с максимальным числом значений: 20, 15, 10, а к периферии - одно-, дву-, трехзначные слова.

Эти два подхода и два типа ядер следовало бы разграничить терминологически. Например, в первом случае можно говорить о **количественном ядре**, а во втором случае **-** о **качественном ядре**. В нашем случае речь идет о *качественных* ядрах, но применительно к языку качественное ядро оказывается количественной периферией и наоборот, следовательно, независимо от того, какие ядро и периферия имеются в виду (количественные или качественные), граница между ними останется неизменной и в этом смысле - универсальной. По нашему мнению, ответ на вопрос о *естественной границе между частотным ядром и периферией* надо искать в анализе конкретных текстов и составленных на их базе частотных словарей. Воспользуемся

данными частотного словаря [9] русского языка. В случаях стилей газетно-журнального, публицистического, художественной прозы и драматургии можно выявить общую закономерность: первой тысяче самых употребительных слов соответствует покрытие от 60 до 80% текста. Если же взять следующие 2000 слов, то покрытие текста возрастет не более чем на 20%. Если же возьмем 4 - 5-ую тысячи, они покроют менее 10% текста; 6 - 7-ая тысячи покроют около 5% теста, и с каждым последующим интервалом в 2000 слов процент покрытия текста будет убывать. Если взять, например, кривую драматургии и отрезок с 5-ой по 19-ую тысячу слов, то эти 15.000 слов не обеспечат покрытия и 10% текста. При этом вначале прирост текста (в %) значительно обгоняет прирост словаря, а в конце - прирост словаря значительно обгоняет прирост текста. Поэтому должна существовать точка, в которой происходит смена закономерностей, точка, за которой относительный прирост словаря начинает обгонять относительный прирост текста, а мы, увеличивая словник, перестаем действовать рационально, затрачивая бóльшие усилия ради меньшего результата. Эта точка и будет естественной границей между ядром и периферией частотного словаря.

Для того, чтобы геометрически найти точку смены закономерностей, надо построить график зависимости роста текста от роста словника (в частотном словаре, где слова упорядочены по частоте: от самых употребительных к самым редким) так, чтобы и величина словаря, и величина текста были бы выражены в относительных величинах, например, в процентах; тогда кривая зависимости будет строиться в квадрате 100% на 100% и точку смены закономерностей на кривой можно найти, проведя к ней касательную, параллельную диагонали из нулевого угла квадрата. Проекции этой точки на оси абсцисс и ординат дадут накопленную относительную частоту ядерных слов (относительную длину текста, покрываемого ядром) и относительное накопленное число слов (или словоформ), относящихся к ядру. Арифметически же эта точка находится с помощью частного от деления длины текста (в словоупотреблениях) - M на число разных слов (словоформ и т.п. лингвистических единиц) - N. Этим частным будет средняя частота слова (или словоформы) в данном тексте $F_{ср}$:

$$F_{ср} = M / N, \tag{5}$$

$$периферия < F_{ср} < ядро. \tag{6}$$

Слова с частотой выше средней относятся к ядру, и их накопленная относительная частота и/или накопленное относительное число разных

слов в ядре дадут координаты границы между частотным ядром и частотной периферией на графике.

Если F_{cp} = 26,9 - граница между частотным (качественным) ядром и периферией, то слова с частотой >=27 относятся к частотному ядру, а слова с частотой <=26 - к периферии.

На стр. 915 частотного словаря [9] в графах "Накопленное число слов. относит." и "Накопленная относительн. частота" находим, что словам с частотой 27 (и более) соответствует 11% словника и 85% текста, что составляет 4348 наиболее употребительных слов, покрывающих текст длиной в 902.725 словоупотреблений. Соответственно, периферии принадлежит 89% словника и 15% текста.

Тут следует обратиться к идее А.И. Кузнецовой [10] о том, что в языке всякое ядро устроено по принципу матрешки. Найденное нами ядро - назовем его первым - само имеет ядро и периферию, которые можно обнаружить, если воспользоваться параметрами найденного ядра, приняв 4.348 слова за 100% словника (N_1), а 902.725 словоформ - за 100% текста (M_1) и применив к ним ту же процедуру, что и к словарю в целом: F_{cp2} =207,6. Таким образом, найдена граница между вторым ядром и второй периферией. В [9] на с.908 в столбце "Абсолютная частота" находим 208 и узнаем параметры второго ядра: текст длиной 651.156 словоупотребления покрывается 627 словами, или 62% текста и 1,6% словника. С помощью этих данных находим границу между третьим ядром и его периферией: F_{cp3}=1038,5. Параметры третьего ядра находим на стр. 898: 441.211 словоупотреблений и 104 слова или 42% текста и 0,26% словника. F_{cp4}=4242,4: 289.555 словоупотреблений на 27 слов, - 27% текста и 0,07% словника. F_{cp5}=10.724: 182.058 словоупотребления 9-ти слов: 17% текста и 0,02% словника. F_{cp6}=20.228,7: 79.120 словоупотреблений 2-ух слов; 7% текста и 0,005% словника. F_{cp7}=39560: 42.954 словоупотребления 1-ого слова - 4% текста и 0,0026% словника. Таким образом, "матрешка" [9] состоит из 7 ядер.

Приведенные данные сопоставимы с данными других частотных словарей (подробности см. в [7]). Это относится и к частотным словарям различных языков, и к частотным словарям как отдельных произведений, так и метакниг писателей и т.д. При этом число ядер - при очень значительном (в три порядка!) колебании размеров частотных словарей - не выходит за пределы 7+2.

Интересная картина открывается при замене абсолютных характеристик ядер относительными. За единицу примем долю текста, покрываемую наименьшим ядром, равным самому частотному слову. Тогда оказывается [7], что размерность ядер в частотном словаре определяется последовательностью чисел, которая задается с помощью рекуррентных соотношений типа Фибоначчи. Разумеется, это утверждение статистического характера. Его состоятельность была подтверждена с помощью стандартной процедуры проверки статистической гипотезы. Изложенное и означает, что структура языка и текста наделена свойствами самоподобия и рекурсивности, то есть может классифицироваться как фрактальная.

4. Заключение

Фрактальность языка уже интуитивно используется в преподавании иностранных языков. Из того факта, что 10-13% словника покрывают 75-90% текста, а 1-3% самых употребительных слов покрывают 50-60% текста, следует важный практический вывод: поскольку в методике преподавания языков низшей границей понимания считается 50%, то методическое значение имеют только первое и второе ядро, которые уместно назвать соответственно *большим* и *малым* ядром [7].

Фрактальная размерность, безусловно, является одной из важнейших характеристик фрактала. Поэтому нам представляется, что она найдет свое применение в исследовании текстов. Из результатов работы [1] вытекает, что фрактальная размерность метакниги писателя (хотя авторы этой работы и не пользуются фрактальной концепцией) является уникальной характеристикой этого писателя. Этот тезис должен быть подвергнут тщательной проверке с привлечением больших баз данных с текстами, но прецедент вовлечения введенной в первом разделе характеристики в лингвистические исследования уже имел место.

Список литературы

1. Bernhardsson S. The meta book and size-dependent properties of written language / S. Bernhardsson, L. E. Correa da Rocha, P. Minnhagen // New Journal of Physics. – 2009. – 11. – 123015 (15pp). Online at http://www.njp.org/ doi:10.1088/1367-2630/11/12/123015

2. Heaps H. S. Information Retrieval: Computational and Theoretical Aspects / H. S. Heaps – New York: Academic Press, 1978.

3. Кретов А. А. Русское слово как самоподобная рекурсивная структура / А. А. Кретов, И. Е. Воронина // Лингвистика на исходе XX века: итоги и перспективы: сб. науч. труд. – М.: Филология, 1995. – Т. I. – С. 269-271.

4. Бронник Л. В. О фрактальном самоподобии в языке / Л. В. Бронник // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2009. – Т. 44, № 10. – С. 15-19.

5. Петряков Л. Д. Методологические перспективы фрактальной семантики / Л. Д. Петряков // Известия вузов. Серия «Гуманитарные науки». – 2017. – 8 (2) – С. 148–153.

6. Mandelbrot B. B. The Fractal Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot. – San Francisco: W.H. Freeman, 1982. – 468 p.

7. Кретов А. А. Основы лексико-семантической прогностики. Монография / А. А. Кретов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. – 404 с. [«Библиотека лингвистической прогностики». Том 1.]

8. Кузнецова А. И. Параметрическое исследование периферийных явлений в области морфемики: на материале русского языка. Автореф. дисс. ... докт. филол. Наук / А. И. Кузнецова. – М., 1988. – 38 с.

9. Частотный словарь русского языка. Около 40.000 слов / Под ред. Л. Н. Засориной. – М.: Рус. яз., 1977. – 936 с.

10. Кузнецова А. И. Соотношение центра и периферии в области морфемики русского языка / А. И. Кузнецова // Научно-техн. конф. "Проблемы дериватологии". Тезисы докладов. – Пермь, 1981. – Вып.2. – С. 153–156.

Создание адаптивного алгоритма и программного комплекса выделения именованных сущностей из текстов на русском языке

А. И. Кузьмина, email: nitonok@gmail.com

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Рассмотрены проблемы решения задачи выделения именованных сущностей из текстов на русском языке и задача накопления глобальной статистики коллизий, предложено её решение с помощью разработки адаптивного алгоритма и реализации веб-системы выделения именованных сущностей.*

Ключевые слова: *Выделение именованных сущностей, именованные сущности, адаптивный алгоритм, система выделения именованных сущностей.*

Введение

Обработка текстов и извлечение информации из них – важные задачи, результаты выполнения которых используются во многих отраслях человеческой жизни. Однако большинство текстов, особенно размещенные в сети Интернет, представлены в слабоструктурированном или вовсе неструктурированном виде, что усложняет процесс их обработки. В связи с этим растет необходимость в программных средствах анализа текстов для автоматического извлечения структурированных данных из неструктурированных или слабоструктурированных источников, а также информационном поиске и обработке текстов на естественных языках.

Важной подзадачей обработки текстов и извлечения информации из них является задача извлечения именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER). Именованной сущностью считается слово или словосочетание, предназначенное для конкретного и вполне определенного предмета или явления, выделяющего этот предмет или явление из ряда однотипных предметов или явлений [1]. Задача извлечения именованных сущностей – это задача распознавания и выделения слов или словосочетаний в тексте, являющихся именованными сущностями, и классификация выделенных именованных сущностей по предопределенным категориям [1].

© Кузьмина А. И., 2020

1. Разработанный инструмент выделения именованных сущностей Nerdy

Особенности естественно-языковых текстов не позволяют в полной мере создать универсальное средство для решения задачи выделения именованных сущностей, не привязанных к конкретному языку, предметной области и т.д. В свободном доступе практически отсутствуют инструменты выделения именованных сущностей из текстов на русском языке, особенно доступные в форме библиотеки для использования в программных системах [2-3]. Поэтому был разработан инструмент выделения именованных сущностей из текстов на русском языке Nerdy на основе создания грамматических правил выделения именованных сущностей из текстов и их классификации с помощью дополнительных легко расширяемых словарей и справочников [3]. Инструмент позволяет выделять сущности классов «Личность», «Организация», «Местоположение» и «Другое».

В процессе разработки и апробирования реализованных в инструменте алгоритмов выделения именованных сущностей было выявлено, что возникают проблемы, касающиеся правильной классификации именованных сущностей, которые являются омонимами, т. е. имеют одинаковое написание, но различающиеся значения. И таким образом, относятся к различным классам именованных сущностей. Такие именованные сущности были названы коллизиями. Для устранения этой проблемы на основе существующего алгоритма был разработан новый адаптивный алгоритм извлечения именованных сущностей [5-6], который определяет класс сущностей в спорных случаях не только на основе правил и словарей, но и статистических данных по ранее накопленной информации о разрешении спорных случаев по этой сущности.

2. Проблема накопления общей базы коллизий

Для реализации предложенного адаптивного алгоритма выделения именованных сущностей из текстов на русском языке необходимо решить задачу накопления статистики разрешения коллизий, т. е. отнесения их к тому или иному классу. Для обеспечения достоверности накопленных данных и приемлемой точности разрешения коллизий, необходима достаточно большая общая база коллизий, которую проблематично собрать, используя ранее реализованный инструмент, так как статистика разрешения коллизий является индивидуальной для каждого пользователя, которым используется программа. Таким образом, отсутствует синхронизация между базами данных коллизий и статистики их разрешений у нескольких пользователей, что делает

невозможным создание и накопление общей глобальной статистики при текущей реализации программы.

Накопление статистики по спорным сущностям в базе коллизий и ее последующее использование позволит повысить точность выделения именованных сущностей для повышения точности их классификации.

Для решения задачи накопления глобальной статистики был рассмотрен вариант создания глобальной базы коллизий и статистики их разрешения, когда при запуске и инициализации программы локальная база на компьютере пользователя синхронизируется с глобальной базой и обновляется до ее версии, но у этого варианта есть очевидные недостатки: необходимость в стабильном Интернет-соединении, вытекающая из этого проблема синхронизации баз данных в случае, если Интернет-соединение отсутствует, и общие трудности с отслеживанием актуальности при синхронизации баз данных.

3. Программный комплекс выделения именованных сущностей и разрешения коллизий

Для решения всех описанных выше проблем был реализован программный комплекс выделения именованных сущностей из текстов на русском языке, структура которого изображена на рисунке.

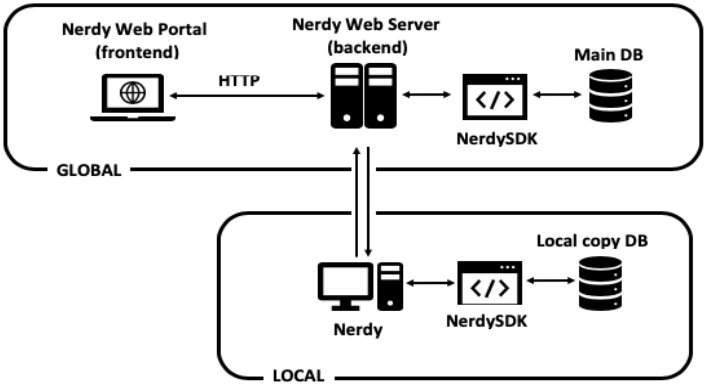


Рисунок. Структура программного комплекса выделения именованных сущностей

Для решения проблемы накопления базы коллизий был создан отдельный веб-сервис решения задачи выделения именованных сущностей из текстов на русском языке с инструментом разрешения спорных коллизий, который работает с глобальной базой данных.

К преимуществам реализации такого варианта архитектуры программной системы относится следующее:

–Пользоваться веб-сервисом могут все желающие с помощью Интернет-браузера без необходимости установки отдельного оконного приложения;

–отсутствие необходимости установки обновлений системы и базы коллизий;

–использование веб-сервиса ускорит накопление коллизий, так как любой пользователь будет иметь возможность проверить любой текст, чтобы найти в нем именованные сущности, при этом выявленные коллизии сразу будут сохраняться в глобальную базу.

В базе данных содержится информация по коллизиям, статистика их разрешения, а также в ней хранятся все словари именованных сущностей, по которым проводится поиск.

У веб-сервиса, несмотря на достоинства, есть два недостатка – необходимость в стабильном Интернет-соединении и уязвимость к загруженности процессорных возможностей серверов при большом количестве запросов.

Поэтому, реализации отдельного веб-сервиса в программном комплексе сохранена исходная оконная версия инструмента, но с измененной функциональностью.

Новое оконное приложение будет иметь аналогичные функции, что и веб-сервис, кроме возможности разрешения коллизий, так как взаимодействие с локальной базой данных будет разрешено только на «чтение» для устранения проблем с синхронизацией с глобальной базой данных. При этом, при необходимости и наличии Интернет-соединения, локальную базу данных можно будет обновлять до версии глобальной базы. Таким образом, точность выделения именованных сущностей в оконном приложении будет расти вместе с заполняемостью глобальной базы коллизий.

Взаимодействие с базой данный коллизий осуществляется средствами разработанной Java-библиотеки NerdySDK, реализующей все алгоритмы выделения именованных сущностей и разрешения коллизий.

В рамках веб-сервиса с NerdySDK взаимодействует отдельная серверная часть, которая обрабатывает запросы пользователей и взаимодействует с NerdySDK.

Клиентское локальное приложение отвечает за оконный интерфейс, который видит пользователь, использует NerdySDK, а также имеет возможность подключаться к серверному приложению для запроса обновлений.

Заключение

Применение описанного адаптивного алгоритма выделения именованных сущностей и исследование связей между сущностями и их соседями позволит повысить точность выделения именованных сущностей из текстов на русском языке. Реализация программного комплекса, включающего в себя веб-сервис, библиотеку и локальную версию системы позволит быстрее накапливать необходимую для более точной работы алгоритма статистику. Созданная Java-библиотека NerdySDK может использоваться для выделения именованных сущностей при решении любых задач обработки текстов на русском языке и создании информационных систем.

Список литературы

1. Nadeau D. and Sekine S. A survey of named entity recognition and classification [Journal] // Linguisticae Investigationes. – Amsterdam, Netherlands: John Benjamins Publishing Company, 2007. – Vol. 30. – P. 3-26.
2. Кузьмина, А.И. Инструмент выделения именованных сущностей из текстов на русском языке / А. И. Кузьмина // Материалы XVIII Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – том 6. – С. 33.
3. Кузьмина, А.И. Разработка программной системы выделения именованных сущностей на основе правил / А. И. Кузьмина // Сборник тезисов докладов XLIV Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения – 2018» (Москва, 17-20 апреля 2018 г.). – Москва, 2018. – том 2. – С. 93-94.
4. Поречный, А.С. JMorfSDK [Электронный ресурс]: библиотека морфологического анализа. – Режим доступа: https://github.com/jalexpr/JMorfSDK
5. Кузьмина, А.И. Исследование и реализация адаптивных алгоритмов выделения именованных сущностей из текстов на русском языке / А. И. Кузьмина // Материалы XIX Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1615.
6. Кузьмина, А.И. Адаптивный алгоритм выделения именованных сущностей из текстов на русском языке / А. И. Кузьмина // Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения – 2019» (Москва, 16-19 апреля 2019 г.). – Москва, 2019. – С. 366-367.

Разработка интеллектуального интерфейса подстраивающегося под критерии пользователя

Е. Ю. Митрофанова, email: mitrofanova@cs.vsu.ru
А. Г. Щербакова, email: annshr25@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработка программного обеспечения, решающего задачу выбора оптимального интеллектуального интерфейса, с учетом критериев заданных пользователем.*

Ключевые слова: *принятие решений, интеллектуальный интерфейс, метод анализа иерархий.*

Введение

С развитием информационных технологий усложняются информационные системы, которые применяются во всех сферах деятельности пользователя. Специалисты разных профессий сталкиваются с необходимостью освоения компьютерных технологий, которые являются основными средствами выполнения различных типов работ. Производительность труда оператора напрямую зависит от правильности построения интерфейса информационной системы. Повышение эффективности человеко-машинных систем требует учитывать все факторы взаимодействия пользователя с компьютером и особенности возникающей при этом среды, где появляются признаки интеллектуального поведения человека и компонентов, генерируемых технической и программной системами. При формировании интеллектуального интерфейса необходимо учитывать решаемые с его помощью задачи, а также индивидуальные эргономические требования пользователя. Для взвешенного выбора интерфейса из предложенных предполагается использовать метод анализа иерархий.

1. Метод анализа иерархий

Метод анализа иерархий (МАИ) относится к числу наиболее эффективных методов принятия решений в сложных ситуациях. Данный метод опирается на декомпозицию сложной проблемы, на ее более простые составляющие части и дальнейшую математическую обработку последовательности суждений лиц, принимающих решения (ЛПР), которые формируются в виде совокупности парных сравнений. В практике принятия решений нередко встречается задача, когда

© Митрофанова Е.Ю., Щербакова А. Г., 2020

ранжируемые по множеству критериев альтернативы оцениваются экспертом не по всем критериям. Эта задача характерна для ситуаций, в которых множество критериев, выделенных для всех рассматриваемых альтернатив, является избыточным относительно одной или нескольких альтернатив. Таким образом, в рассматриваемом случае эксперт имеет разное количество альтернатив под каждым критерием или под их частью. В этом случае необходимо использовать методику определения вектора приоритета альтернатив для случая, когда иерархия имеет один уровень критериев, объединенных фокусом с учетом значимости критериев, и разное количество альтернатив у каждого критерия. Методика предполагает выполнение ряда процедур по структурированию информации и проведению вычислительных операций [1].

2. Программная реализация

В качестве примера для создания интеллектуального интерфейса, подстраивающегося под критерии пользователя рассматривается разработка интеллектуального интерфейса клиент-серверного веб-приложения системы бронирования. Серверная часть написана на языке Java с использованием SpringMVC Framework и библиотеки Apache Commons Math. Клиентская часть приложения реализована с помощью HTML, CSS и JavaScript. Выбор наилучшего варианта интерфейса осуществляется многокритериальным методом анализа иерархий.

На рисунке 1 представлена подробная диаграмма вариантов использования. На рисунке 2 представлена структурная схема работы приложения.

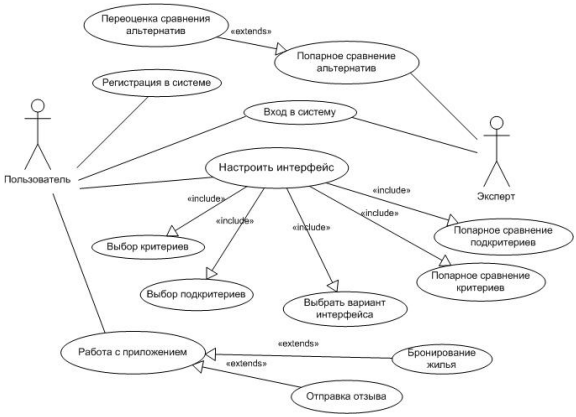


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

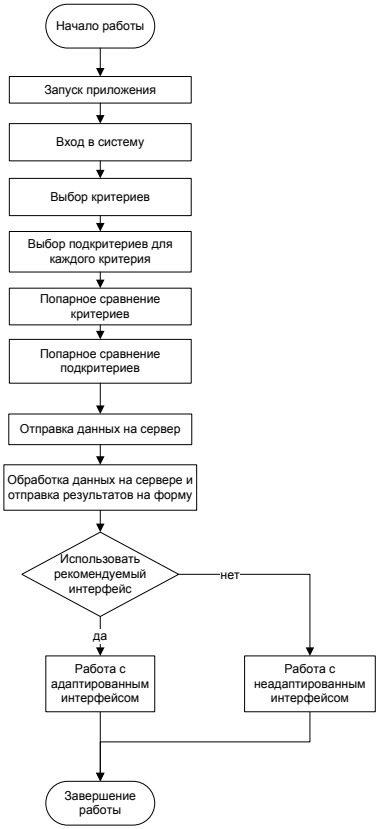


Рис. 2. Структурная схема приложения

На рисунке 3 представлено главное окно приложения.

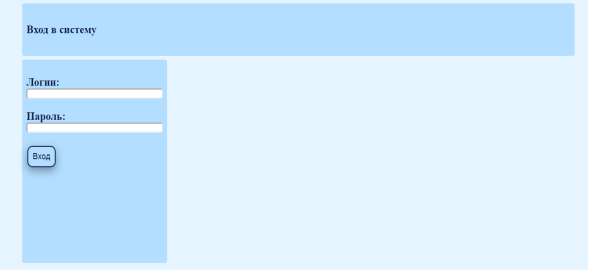
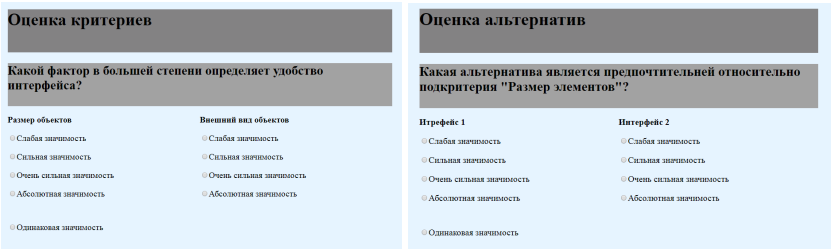


Рис. 3. Главное окно приложения

Пользователю предоставляется возможность входа в систему или регистрация нового пользователя. Пользователь выбирает из списка интересующие его критерии. Для каждого выбранного критерия пользователь выбирает подкритерии. Пользователь попарно сравнивает подкритерии для каждого критерия.



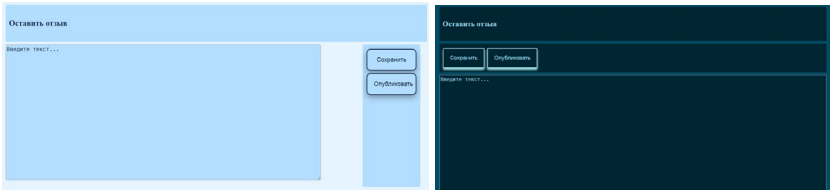
а б

а – оценка критериев, б – оценка альтернатив

Рис. 4. Оценка критериев и альтернатив

Полученные данные с заполненных форм отправляются на сервер. В базе данных хранятся векторы приоритетов альтернатив относительно каждого подкритерия. Локальные векторы приоритетов вычисляются по исходным данным, зафиксированным в матрицах попарных сравнений, которые предварительно были заполнены экспертом (пользователем).

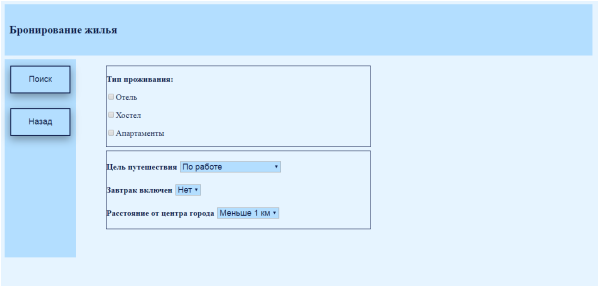
Далее происходит вычисление результирующего глобального вектора приоритетов альтернатив с использованием многокритериальному методу анализа иерархий. На основе полученных данных система предлагает пользователю несколько вариантов интерфейса, отражая наиболее подходящий с учётом ранее заполненных данных (рисунок 5, 6).



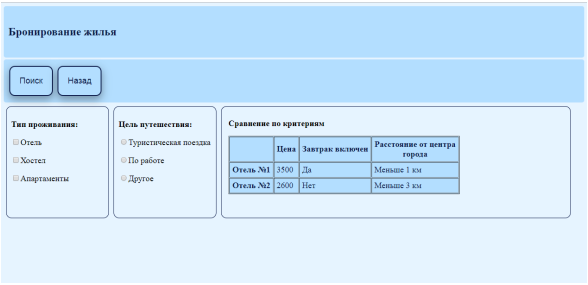
а б

а – вариант 1, б – вариант 2

Рис. 5. Интерфейс формы для оставления отзыва



а



б

а – вариант 1, б – вариант 2

Рис. 6. Интерфейс формы для бронирования жилья

Пользователь соглашается с системой или выбирает другой вариант и продолжает работу с программой, внешний вид которой теперь соответствует предпочтениям пользователя.

Заключение

Разработанное приложение может использоваться при формировании пользовательского интерфейса для различного рода задач, при этом необходимо указать тип решаемой задачи и интересующие пользователя критерии (подкритерии).

Список литературы

1. Андрейчиков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике: учебник / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – 2–е изд., доп. и перераб. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 464 с.

2. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Керне. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Формализация структуры иерархических систем с помощью дескрипционной логики *

В. В. Михелёв, email: 1334449@bsu.edu.ru [1]
С. И. Маторин, email: matorin@bsu.edu.ru [1]

[1] Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. *В работе рассматриваются результаты формального описания иерархии концептуальных систем с учетом их системных взаимоотношений путем формализации средствами дискрипционной логики некоторых положений системно-объектного подхода. Описан синтаксис и семантика дескрипционных логик ALCOQ и SHIOQ. Введены и формально описаны понятия объёма и содержания концептуальной системы, которые расширяют системную теорию, основанную на системно-объектном подходе.*

Ключевые слова: *формализация, иерархические системы, дескрипционная логика, концептуальные системы.*

Введение

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности широко используется понятие «*информационные системы*», которые рассматриваются как системы, предназначенные для хранения, поиска и обработки информации, включающие в себя соответствующие ресурсы и обеспечивающие распространение информации [ISO/IEC 2382:2015], основным предметом и продуктом труда в которых является информация.

Таким образом, информация представляет собой ресурс, с которым работает информационная система. Для понятия же «*информация*» существует множество определений. Начиная от определения Н. Винера: «Информация — это не материя и не энергия, информация — это информация». И заканчивая определениями в международных и российских стандартах: знания о предметах, фактах, идеях и т.д., которыми могут обмениваться люди в рамках конкретного контекста [ISO/IEC 10746-2:1996]; знания относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определённом контексте имеют конкретный смысл [ISO/IEC 2382:2015]; сведения, воспринимаемые человеком и

© Михелёв В. В., Маторин С. И., 2019
* Работа поддержана грантами РФФИ №19-07-00290а,
№ 19-07-00111а, 18-07-00355а, 19-29-01047мк.

(или) специальными устройствами как отражение фактов материального или духовного мира в процессе коммуникации [ГОСТ 7.0-99].

При этом сама информация также может представлять собой информационную систему, например, совокупность данных при определенных условиях, классификация, модель знаний (онтология). Одним из важных для нашего исследования примером таких информационных систем являются *концептуальные системы* (они же *внешние системы* по Ю.А. Шрейдеру [1]), которые состоят из нефизических объектов, то есть идей или концепций. Нами принят термин «*системы-классы*», например, в соответствии с работой [2].

В работе [3] обоснована важность изучения таких систем и разработки системных принципов, применимых и к материальным, и к концептуальным системам, для построения действительно общей теории систем, а также для преодоления пропасти, разделяющей естественные и гуманитарные науки.

Средствами системно-объектного подхода показано, что внешний путь образования систем соответствуют основным диалектическим принципам системного подхода [4]. Кроме того, в работе [5] показано, что основные известные общесистемные закономерности выполняются как для материальных систем, так и для систем-классов.

С точки зрения данного исследования, кроме того, важно подчеркнуть, что системы-классы образуют иерархическую структуру, обладающую некоторой особенностью. Данная особенность состоит в том, что иерархия систем-классов, формируемая отношением род-вид, имеет верхнюю границу в соответствии с известным логическим законом обратного отношения объема и содержания понятий/классов [6]. Дело в том, что упомянутый закон требует уменьшения содержания, т.е. уменьшения количества информации, которое соответствует числу содержательных признаков, описывающих содержание класса, при увеличении объема класса, т.е. числа подклассов, входящих в класс. При этом содержание, естественно, может уменьшиться только до нуля. Это и обуславливает верхнюю границу иерархии систем-классов (концептуальных систем).

При моделировании понятийных знаний для обеспечения адекватности концептуальных моделей этих знаний реальной действительности необходим учет особенностей иерархии систем-классов (концептуальных систем). Только в случае такого учета модели понятийных знаний становятся моделями, отражающими системность реальной действительности. Для изучения особенностей иерархии систем-классов с целью совершенствования существующих и создания новых классификаторов (классификационных систем), представляющих

собой важный вид концептуальных моделей понятийных знаний, необходимо описать ее (иерархии систем-классов) свойства формальными средствами. В данном исследовании используются средства дискрипционной логики.

1. Использование дескрипционной логики

Дескрипционная логика (ДЛ) представляет собой язык представления знаний для описания понятий предметной области в недвусмысленном, формализованном виде. Любая ДЛ имеет синтаксис и семантику. Базовыми синтаксическими элементами языка дескрипционной логики являются атомарные концепт и роль, соответствующие одноместному и двухместному предикатам языка математической логики. Концепты применяются для описания классов, роли – для описания отношений между концептами. Концепты и роли позволяют описывать понятия и их свойства [7]. Одной из базовых дескрипционных логик является ДЛ ALC [7] и её расширение ALCOQ [8]. Её синтаксис представлен ниже (1).

$$\{\top;\bot;A;A\sqsubseteq C;\neg C;C\sqcap D;C\sqcup D;\exists R.C;\forall R.C;\exists R\} \quad (1)$$

Символы $\top$ и $\bot$ – концепты (называются истина и ложь). Семантика ДЛ описывается с помощью понятия интерпретация [8]. Интерпретация есть пара $I=\left(\Delta,.^I\right)$, состоящая из непустого множества Δ, называемого областью данной интерпретации, и интерпретирующей функции I, которая сопоставляет:

- каждому атомарному концепту $A\in CN$ – произвольное подмножество $A^I\subseteq\Delta$, CN – множество всех концептов;
- каждой атомарной роли $R\in RN$ – произвольное подмножество $R^I\subseteq\Delta\times\Delta$, RN – множество всех ролей.

Предметную область, описываемую с помощью ДЛ, можно представить на рисунке 1.

В теориях, описывающих базы знаний, различаются общие знания о понятиях и их взаимосвязях, которые выражаются с помощью утверждений общего вида – терминологий, или аксиом, а также знания об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами – утверждения об индивидах. Так, выделяют набор терминологических аксиом, называемый $TBox$, и набор утверждений об отношениях и свойствах индивидов – $ABox$. Вместе они образуют базу знаний, или онтологию $K=TBox\cup ABox$. Покажем ниже в (2) и (3)

пример предметной области описываемой *ABox* и *TBox*. В (4) дано описание *TBox* на естественном языке.

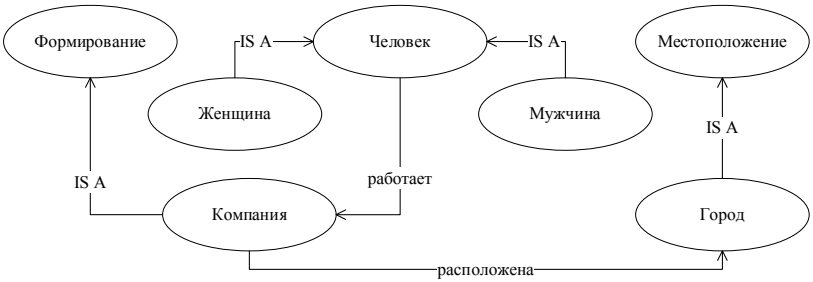


Рис. 1. Графическое изображение предметной области

В соответствии, например, с работами [9, 10] иерархия систем-классов (концептуальных систем) состоит из объектов-классов и свойств-классов (которые в свою очередь делятся на свойства-объектов и свойства-свойств). С помощью ДЛ можно определить концепты для объектов-классов, при этом роли в ДЛ будут соответствовать свойствам-классам.

$$ABox = \begin{Bmatrix} Мужчина(Джон); \\ Женщина(Мария); \\ Любит(Джон, Мария); \\ Женатый(Джон, Мария); \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$TBox = \begin{Bmatrix} Бакалавр = \neg\exists Женатый \sqcap Человек; \\ \exists Женатый \sqsubseteq Счастлив; \\ \exists Женатый.Женщина \sqsubseteq \exists Любит.Женщина; \\ Человек = Мужчина \sqcap Женщина; \end{Bmatrix} \quad (3)$$

$$TBox = \begin{Bmatrix} Бакалавр\ -\ это\ неженатый\ человек; \\ Все\ женатые\ люди\ счастливы; \\ Женатый\ на\ женщине\ также\ любит\ её; \\ Мужчина\ или\ женщина\ это\ человек; \end{Bmatrix} \quad (4)$$

Для описания иерархии ролей выразительности логики ALCOQ будет недостаточно, необходимо воспользоваться расширенной ДЛ с аксиомами для ролей SHIOQ [7]. Такая ДЛ имеет аксиомы для ролей –

$RBox$ (по аналогии с $TBox$ и $ABox$). Дополнительными, важными расширениями этой логики являются следующие пункты:

- иерархия ролей: допускаются аксиомы вида $R \sqsubseteq S$, где R, S – произвольные роли. При этом говорят, что R является подролью S, а S – надролью R.
- транзитивные роли: допускаются аксиомы вида $Tr(R)$ или R^*, где R – произвольная роль, R^* – транзитивная роль.
- композиция ролей $(R \circ S)$:

$$(R \circ S) = \left\{ \begin{array}{l} (e,d) \in \Delta \times \Delta \mid \text{существует } x \in \Delta, \text{ такой,} \\ \text{что, } (e,x) \in R^I \text{ и } (x,d) \in S^I \end{array} \right\} \quad (5)$$

В ДЛ SHIOQ к $TBox$ и $ABox$ добавляются аксиомы для ролей $RBox$ R. Следовательно, база знаний определяется, как: $K = TBox \cup ABox \cup RBox$.

2. Формализация иерархии систем-классов с помощью ДЛ

С позиций системного подхода получение нового знания лишь в частном случае может основываться на формальных математических процедурах. В общем случае это должен быть прежде всего содержательный вывод, учитывающий системообразующие факторы, законы развития, адаптации и эволюции. Однако, если содержательный анализ фундаментальных закономерностей уже состоялся, целесообразно привлечь средства математического моделирования к формальному обоснованию содержательных выводов [11].

Для этого рассмотрим возможность создания формальной модели иерархии систем-классов (концептуальных систем) средствами дискрипционной логики, описывающей системные взаимоотношения между классами, что, в конце концов, позволит по-новому взглянуть на процедуры классифицирования.

В соответствии с системным (системно-объектным) подходом система рассматривается и как явление (материальный объект), и как класс (концептуальная система), функция или роль которого обусловлены функцией явления или ролью класса более высокого яруса (т.е. надсистемой-явлением или надсистемой-классом) [4]. Формализованное описание такого понимания системы с использованием обозначений, принятых в ДЛ, выглядит следующим образом:

$$S_i = \left[S_{i-1}; RS_i \sqsubset RS_{i-1} \right] \quad (6)$$

В выражении (6) представлено формальное описание системы в соответствии с правилами исчисления объектов Абади-Кардели [4], где: S_{i-1} – поле для указания на систему-класс более высокого яруса иерархии, соответствующее узлу US_i системы S_i; $RS_i \sqsubset RS_{i-1}$ – метод, соответствующий роли (функции FS_i) системы S_i в надсистеме S_{i-1}.

Учитывая процесс формирования системы в соответствии с функциональным запросом надсистемы в виде функционального узла, можно уточнить формальное выражение для системы-класса следующим образом: $S_i = [US_i \Rightarrow FS_i]$ и $S_i = [S_{i-1} \Rightarrow RS_{i-1} \Rightarrow RS_i]$.

В работе [12] одним из основных общесистемных принципов, назван принцип моноцентризма, который прямо определяет, что устойчивая система «будет характеризоваться единым центром, а если она представляет из себя сложную, цепную, то она имеет один высший, общий центр». Данный принцип, является следствием, иерархической упорядоченности систем, в нашем случае, иерархической структуры родовидовых отношений между системами-классами (концептуальными системами).

В первую очередь целесообразно подтвердить единство вершины иерархии систем-классов, т.е. принцип моноцентризма. Воспользуемся приведённым определением системы (6) и понятиями ДЛ. Пусть существуют системы-классы S_{ij}^{l} и RS_{ij}^{l}, i – номер яруса иерархии, j – порядковый номер узла в ярусе, l – порядковый номер узла родителя в ярусе. В терминах дескрипционной логики: S_{ij}^{l} – концепт, RS_{ij}^{l} – роль.

Примем, что существуют концепты $S_{i+1,p}^{j}$ входящие в S_{ij}^{l}, т.е. $\exists S_{i+1p}^{j} \sqsubset S_{ij}^{l} : p = \overline{1,N}$. Пусть существуют роли $RS_{i+1,p}^{j}$ входящие в RS_{ij}^{l}, т.е. $\exists RS_{i+1p}^{j} \sqsubset RS_{ij}^{l} : p = \overline{1,N}$. Покажем фрагменты $TBox$ и $RBox$ соответствующие вышеупомянутым утверждениям (7):

В работе [5] показано, что роль RS_{ij}^{l} – это признак (свойство-класс, роль), поддерживающий систему-класс (объект-класс, концепт). Уточним приведенные ранее аксиомы для систем-классов в соответствии с определением системы (6).

$$TBox = \left\{ \begin{array}{l} ... \\ S_{i+1,1}^{j} \sqsubset S_{ij}^{l} \\ ... \\ S_{i+1,N}^{j} \sqsubset S_{ij}^{l} \\ ... \end{array} \right\}; RBox = \left\{ \begin{array}{l} ... \\ RS_{i+1,1}^{j} \sqsubset RS_{ij}^{l} \\ ... \\ RS_{i+1,N}^{j} \sqsubset RS_{ij}^{l} \\ ... \end{array} \right\}. \quad (7)$$

Воспользуемся понятиями объем и содержание системы-класса. Объем системы-класса (Vol) - совокупность видовых систем-классов, входящих в данную родовую систему-класс. Содержание ($Cont$) системы-класса - совокупность существенных и отличительных признаков (ролей), качеств системы-класса вместе с надсистемой-классом.

Опишем данные понятия средствами ДЛ. Содержание системы-класса, выражается через роль, которая является отличительным признаком данной системы-класса и признаком, поддерживающим надсистему-класс, а также через саму надсистему-класс.

$$Cont\left(S_{ij}^{l}\right) = S_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^{l_j}, \quad (8)$$

где $i = \overline{0,N}$. i – номер яруса иерархии. Роли, также являются системами-классами. Следовательно, тоже обладают содержанием (свойства-свойств).

$$Cont\left(RS_{ij}^{l}\right) = RS_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^{l_j}, \quad (9)$$

где $i = \overline{0,N}$. i – номер яруса иерархии.

Понятие объема системы-класса можно описать с помощью операции принадлежности концепту:

$$Vol\left(S_{ij}^{l}\right) = S_{i+1,1}^{j} \sqcup S_{i+1,2}^{j} \sqcup ... \sqcup S_{i+1,\overline{N}_{i+1}}^{j}. \quad (10)$$

Как было указано ранее $S_{i+1,p}^{j} \sqsubset S_{ij}^{l}, p = \overline{1,\overline{N}_i}$. $\overline{N}_i$ – количество узлов *i*-уровня иерархии.

Покажем фрагменты $TBox$ в (12) и $RBox$ в (13) с использованием упомянутых уточнений.

Графически структура иерархии систем-классов, задаваемая с помощью $TBox$ (12) и $RBox$ (13) на рисунке 2.

$$TBox = \left\{ \begin{array}{l} \ldots \\ S_{i,1}^{l} \sqsubset S_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_1}^{l_1} \\ S_{i,2}^{l} \sqsubset S_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_2}^{l_2} \\ \ldots \\ S_{i,N}^{l} \sqsubset S_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_N}^{l_N} \\ \ldots \end{array} \right\} \quad (11)$$

$$RBox = \left\{ \begin{array}{l} \ldots \\ RS_{i,1}^{l} \sqsubset RS_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_1}^{l_1} \\ RS_{i,2}^{l} \sqsubset RS_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_2}^{l_2} \\ \ldots \\ RS_{i,N}^{l} \sqsubset RS_{i-1,l}^{n} \sqcap \exists RS_{i+1,p_N}^{l_N} \\ \ldots \end{array} \right\} \quad (12)$$

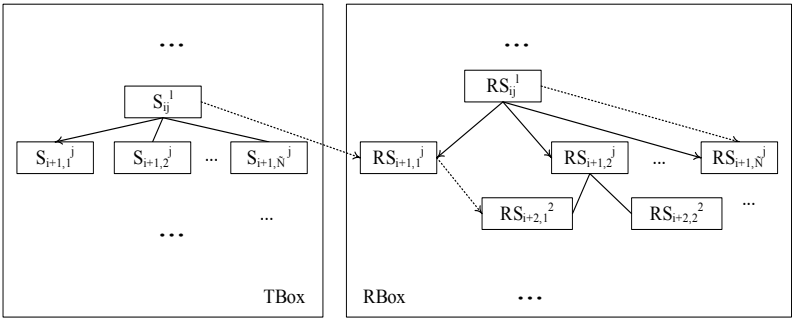


Рис. 2. Иерархическая структура систем-классов, формализованная с помощью (12) и (13)

Воспользуемся логическим законом обратного отношения объема и содержания [6] для построения предыдущих и последующих ярусов иерархии. В соответствии с упомянутым законом система-класс, наследуемая от текущей системы-класса, должна обладать большим количеством поддерживающих признаков, т.е. большим содержанием

$Cont\left(S_{ij}^{l}\right) \sqsubset Cont\left(S_{i+1.p}^{j}\right)$, но меньшим объёмом $Vol\left(S_{ij}^{l}\right) \sqsupset Vol\left(S_{i+1.p}^{j}\right)$. Если двигаться в обратную сторону, то каждая родительская система-класс должна иметь меньшее количество признаков чем текущая, следовательно, иметь больший объём. По мере подъема ярус за ярусом с увеличением объема классов – уменьшается количество признаков до предельного состояния.

Предельным состоянием будем называть случай, когда содержание является наиболее общим. В таком случае, мы можем говорить о корневой системе-классе S_0, которая имеет следующие характеристики. Содержание $Cont\left(S_0\right) = RS_{11}^{0}$, где RS_{11}^{0} – система-класс, включающая в себя все поддерживающие признаки предметной области. Объём $Vol\left(S_0\right) = S_{11}^{0} \sqcup RS_{11}^{0}$. Система-класс S_0 не имеет родителей и является корнем иерархии систем-классов. При этом, RS_{11}^{0} – предельно широкая роль, соответствующая классу «свойство» [11]. Это подтверждает единство вершины классификационной схемы, рисунок 3.

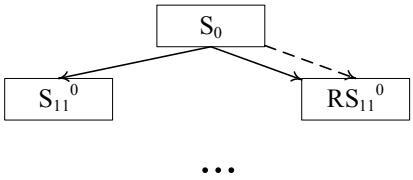


Рис. 3. Корень иерархии систем классов

Заключение

В данной работе рассмотрены результаты формального описания иерархии концептуальных систем (систем-классов). Понятия системно-объектного подхода «система-класс» и «свойство-класс» сопоставлены с понятиями дескрипционной логики. Путем описания синтаксиса и семантики ДЛ ALCOQ и SHIOQ формально обоснована структура иерархии систем-классов и показана обязательность выполнения принципа моноцентризма для концептуальных систем. Введены и описаны средствами ДЛ понятия объёма и содержания систем-классов, которые расширяют системную теорию, основанную на системно-объектном подходе. Полученные результаты в перспективе позволят совершенствовать существующие и создавать новые классификаторы (классификационные системы), представляющие собой важный вид концептуальных моделей понятийных знаний.

Список литературы

1. Шрейдер, Ю. А. Системы и модели / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 152 с.
2. Маторин, С. И. Детерминантная модель системы и системологический анализ принципов детерминизма и бесконечности мира / С. И. Маторин, Е. А. Соловьева // НТИ. Сер. 2. – 1996. – №8. – С. 1-8.
3. Ackoff, R. L. General system theory and systems research: Contrasting conceptions of system science / R. L. Ackoff // In Proceedings of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology. – 1964. – P. 51-60.
4. Маторин, С. И. Системный подход к классам объектов / С. И. Маторин, А. Г. Жихарев // Сборник трудов 8-й Международной конференции «Системный анализ и информационные технологии (САИТ)» – М. : ФИЦ ИУ РАН, 2019. – С. 244-249.
5. Маторин, С. И. Учет общесистемных закономерностей при концептуальном моделировании понятийных знаний / С. И. Маторин, А. Г. Жихарев, В. В. Михелёв // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2019. – № 3. – С. 12-23.
6. Кондаков, Н. И. Логический словарь / Н. И. Кондаков, Д. П. Горский. – М. : Наука, 1971. – 656 с.
7. Schmidt-Schauss, M. Attributive concept descriptions with complements / M. Schmidt-Schauss, G. Smolka // Artificial Intelligence. – 1991. – 48 (1). – P. 1-26.
8. Baader, F. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications / F. Baader [and other] // Cambridge University Press. – 2003. – 576 p.
9. Соловьева, Е. А. Применение теории категорий к исследованию и моделированию естественной классификации / Е. А. Соловьева, Д. Б. Ельчанинов, С. И. Маторин // НТИ. Сер. 2. – М. : ВИНИТИ, 1999. – № 3. – С. 1-7.
10. Маторин, С. И. Концепция формализованной теории систем, основанной на подходе «УЗЕЛ-ФУНКЦИЯ-ОБЪЕКТ» / С. И. Маторин, О. А. Зимовец, Н. В. Щербинина, Т. С. Сульженко // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика, 2016. – № 16 (237), вып.39. – С. 159-166.
11. Мельников, Г. П. Системология и языковые аспекты кибернетики / Г. П. Мельников. – М.: Советское радио, 1978. – 368 с.
12. Богданов, А. А. Тектология: всеобщая организационная наука / А. А. Богданов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Экономика, 1989. – 304 с.

Создание программного веб-интерфейса для доступа к инструментам автоматической обработки текстов

Е. В. Полицына, email: kathrin.beaver@mail.ru [1]
С.А. Полицын, email: pul_forever@mail.ru [1]
М. В. Зеленова, email: businkakatilas@mail.ru [1]

[1] Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Рассмотрена необходимость разработки новых лингвистических средств для разработчиков информационных систем различной направленности. При разработке информационных систем необходимы сторонние средства, которые поставляются в виде библиотек или веб-сервисов, поэтому предлагаемые инструменты автоматизированного анализа необходимо предоставить в нескольких формах. Описывается создание программного веб-интерфейса для реализации нескольких форм распространения инструментов автоматического анализа текстов для использования в информационных системах с различной архитектурой.*

Ключевые слова: *Автоматизированная обработка текста, лингвистические сервисы, фреймворк анализа текста.*

Введение

Задачи компьютерной лингвистики всё больше находят применение в различных прикладных информационных системах, а системы анализа текстов становятся всё более практическими. Достижения в области автоматизированного анализа текста последних десятилетий позволяют с достаточно высоким качеством решать, как относительно простые практические задачи, так и более сложные: перевод текстов с одного естественного языка на другой, задачи поиска, классификации и кластеризации и много других, также созданы множество реализующих их программ.

Результаты лингвистического анализа текстов необходимы не только для решения исследовательских задач, но и в повседневной деятельности в профессиональных и личных целях, например, крайне актуальной является задача автоматического поиска, классификации и получение краткой формы текстов по заданной проблеме или направлению [1, 2] и многие другие. Однако, не существует универсального решения каждой из этих задач, зачастую приложения

© Полицына Е.В., Полицын С.А., Зеленова М.В., 2020

являются экспериментальными и/или предназначены для решения узкого круга задач или использования на ограниченном наборе данных.

Существующая необходимость создания автоматических систем и сервисов для решения самых разных задач в прикладных системах порождает потребность в разработке инструментов автоматизированного анализа текстов с наличием набора сервисов для быстрого решения задач любым пользователем и разработчиком, наравне с инструментами для проведения исследований в области компьютерной лингвистики и апробации новых алгоритмов и набора программных средств для использования в промышленной разработке.

Существующая необходимость создания автоматических систем и сервисов для решения самых разных задач в прикладных системах создает потребность в разработке инструментов автоматизированного анализа текстов с наличием набора сервисов для быстрого решения задач любым пользователем, наравне с инструментами для проведения исследований в области компьютерной лингвистики и апробации новых алгоритмов и набора программных средств для использования в промышленной разработке.

1. Требования к форме распространения лингвистических инструментов

Практически никакая информационная система (ИС) не обходится без сторонних инструментов и средств. Применение лингвистических инструментов в прикладных информационных системах не должно отличаться от любых других. Это затрагивает как вопросы способов их подключения, сборки, интеграции и удобства для разработчика, так и вопросы производительности, потребления ресурсов и др. Особенно это касается систем, где лингвистические инструменты не являются основными и назначение этих систем никак не связано с задачами компьютерной лингвистики. Например, во многих ИС есть возможность какого-либо текстового поиска. Современные пользователи же при этом, ожидают, что поиск по слову “ортогональный” найдет включение всех форм этого слова в документы. Такое ожидаемое поведение могут обеспечить только инструменты морфологического анализа, которые ввиду ограниченности ресурсов в ходе разработки, скорее всего, нужно будет искать среди сторонних.

По способу подключения все сторонние инструменты подразделяются на несколько групп [12]. Инструменты, представленные в виде библиотек для разработчика. Такой вариант подключения подразумевает или бинарную поставку собранных библиотек, или поставку в виде исходных кодов. Преимущества поставки в виде исходных кодов заключаются в гибкости и возможности модификации

или дополнения новых алгоритмов, однако сложности в сборке и компоновке часто перекрывают эти достоинства, поэтому чаще всего, где это возможно, используется именно бинарная поставка готовых собранных компонентов с описанными интерфейсами взаимодействия. Набор тесно связанных библиотек, объединенных общими структурами данных, составляет фреймворк. Фреймворки расширяют возможности отдельных библиотек, позволяя разработчикам как создавать новые алгоритмы из отдельных поставляемых составных частей, так и использовать предлагаемые готовые возможности. Независимо от того используется ли исходный код или бинарная поставка, особенно, если лингвистические инструменты используют большие словари или модели, потребуется какое-то время для инициализации, поэтому такой способ не подойдет, например, для небольших встраиваемых систем, где время загрузки имеет очень важное значение.

Инструменты, предоставляемые в виде отдельных интерфейсов для доступа к ним. Чаще всего современные средства предоставляются посредством веб-интерфейсов (веб-API - от англ. программный интерфейс). В таком виде поставляются лингвистические инструменты компаний Google, Yandex - Томита Парсер, Переводчик и др. Основным преимуществом такого варианта является перенос высоконагруженной лингвистической обработки данных на сторонний сервер, обратной стороной этого - обязательное требование наличие Интернет-соединения, как минимум для отправки запроса и получения ответа, кроме того, для ряда компаний и задач недопустима сама возможность отправки информации на любые сторонние сервера за пределы разрабатываемой ИС. Тем не менее, с развитием сетей и технологий передачи данных этот способ становится всё более и более популярным, появляются даже небольшие библиотеки, разработанные по первому варианту, содержащие только обращения к программным веб-интерфейсам серверных частей инструментов, например, в такой форме предоставляются инструменты IBM Watson.

Поэтому предоставляемые лингвистические инструменты должны предоставляться в обоих вариантах для удовлетворения обоих потребностей для привлечения широкого круга пользователей и обеспечения возможности их использования в ИС с практически любой архитектурой.

2. Фреймворк TAWT

Исторически первым возник подход на основе применения библиотек в составе ИС. Для этого разработан фреймворк анализа текста TAWT (Tools for Automated Work with Text), который представляет

собой набор Java-библиотек для графематического, морфологического и семантико-синтаксического анализа текста на русском языке [10].

В состав фреймворка входит ряд библиотек, которые могут быть использованы по отдельности, например, для графематического анализа или в составе более сложных задач, включающих более ранние этапы анализа. Основными инструментами, которые позволяют решать задачи пользователя, являются Graphematic Parser, GAMA, JMorfSdk, SPN.

Инструмент Graphematic Parser (GP) реализует графематический этап анализа текста, основан на наборе правил, реализованных средствами регулярных выражений. В инструменте GP используются различные наборы регулярных выражений для выделения опорных оборотов, предложений, абзацев для того, чтобы верно распознать нужные границы при анализе. GP может быть использован пользователем при решении задач статистической обработки текста: определения количества элементов текста определенного типа, построения их структурированных списков, расчета средних значений и др.

Инструмент JMorfSdk (Java Morphological Sdk) реализует морфологический этап анализа текста и возможность генерации слова по заданной начальной форме и набору морфологических характеристик. JMorfSdk может быть использован при решении задач морфологического этапа анализа текста: построения словника по тексту, морфологического поиска и др.

Инструмент SPN (Search Possible Notions) — инструмент поиска потенциальных понятий и ключевых словосочетаний на основе анализа сетей зависимостей, полученных в результате работы инструмента синтаксического анализа Syntactic Parser (SP).

Структуры данных фреймворка используют внутренние целочисленные представления многих характеристик, что дает возможность дальнейшей оптимизации расхода памяти и сокращения времени при решении конкретных задач. Все инструменты используют общую схему подключения, стандартную для платформы Java: используется глобальный репозиторий бинарных зависимостей, это позволяет использовать только нужные инструменты и при необходимости легко заменять их или подключать новые в создаваемое ПО.

3. Программный веб-интерфейс для доступа к инструментам автоматической обработки текстов

С расширением потребностей в автоматизированной обработке текста расширяется и список сервисов, доступных через программный веб-интерфейс. Использование программного веб-интерфейса позволяет

разработчику этих инструментов собирать статистику и разнообразные метрики с минимумом дополнительных затрат на реализацию для дальнейшего развития и оптимизации алгоритмов, особенно это важно при использовании статистических алгоритмов и оптимизации алгоритмов с высокой вычислительной сложностью, применяемых для обработки больших объемов данных.

Для обеспечения возможности использования разработанных и развиваемых средств автоматического анализа текста в ИС с различной архитектурой разрабатываются следующие инструменты:

1. Фреймворк TAWT.
2. Веб-сервис, использующий фреймворк TAWT и методы внутреннего программного интерфейса открытой системы автоматизированной обработки текста, предоставляющий программный REST-интерфейс для доступа к инструментам анализа текста.
3. Библиотека-клиент для работы с программным интерфейсом веб-сервиса, предоставляющая готовые структуры данных и методы для обращения к удаленному сервису.

Реализация веб-сервиса и библиотеки-клиента для его использования позволит обеспечить возможность распространения инструментов автоматического анализа текста в нескольких вариантах (Рис. 1):

1. Подключение фреймворка TAWT в виде Java-библиотеки любым из стандартных способов, в т.ч. в виде зависимости для сборки с помощью Maven или Gradle.
4. Использование программного REST-интерфейса для доступа к веб-сервису.
5. Использование библиотеки-клиента для работы с веб-сервисом.
6. Развертывание локальной версии веб-сервиса и работа с ним напрямую или с помощью библиотеки-клиента.

Все функции веб-сервиса разделены на следующие группы:

1. Инструменты лингвистического анализа текста.

Инструменты включают в себя все возможности фреймворка TAWT в варианте упрощенного использования с сокращенным набором выдаваемых данных для практического применения в прикладных системах и полным набором лингвистической информации для применения в исследовательских целях и создания новых инструментов анализа текста.

7. Инструменты для решения типовых задач автоматического анализа текста.

Инструменты предоставляют методы для решения обобщенных типовых задач лингвистического анализа текста разных уровней и часто

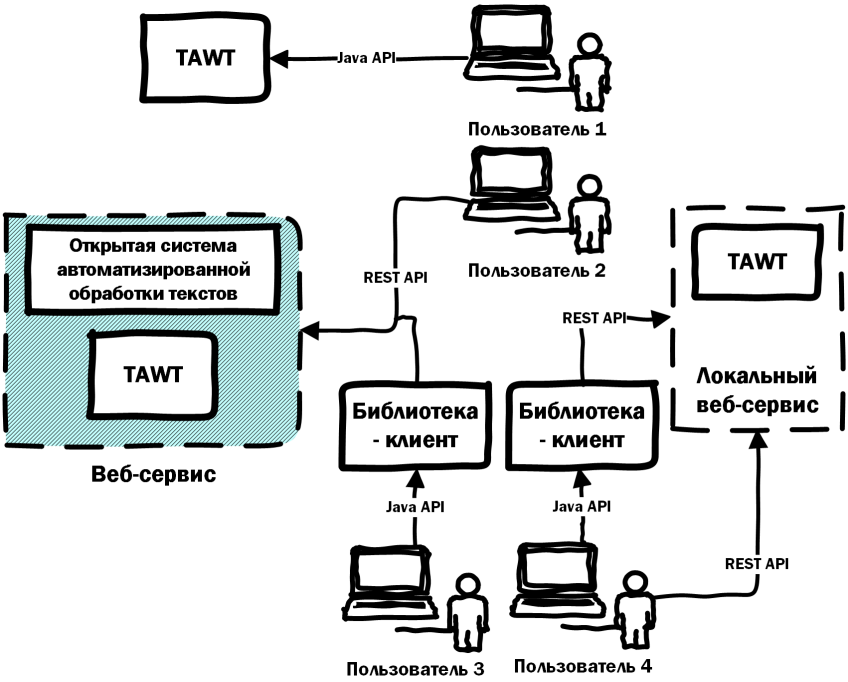


Рис. 1. Варианты распространения инструментов анализа текста

необходимы в составе других задач: построение словника по тексту, определение общего количества слов, фильтрация слов по частям речи, определение средней длины слова, предложения, получения списков отдельных предложений и др. Кроме того, используются возможности открытой системой автоматизированной обработки текста в части статистической обработки, накопления и обобщения данных.

8. Интегральные инструменты.

На основе использования основных инструментов лингвистического анализа и инструментов для решения типовых задач автоматического анализа текста разработан ряд интегральных инструментов для решения практических задач. Список таких инструментов расширяется, в настоящее время доступны: инструменты реферирования текстов, выделения ключевых слов и словосочетаний, инструменты для SEO-оптимизации страниц, инструменты подбора тематических синонимов др.

9. Инструменты для поддержки методов машинного обучения.

В настоящее время стремительно набирают популярность методы машинного обучения. При их применении на текстовых данных требуется проведение векторизации и предварительной предобработки текста [11]. Применение методов лингвистического анализа при предобработке текстов напрямую влияет на результат работы алгоритмов машинного обучения. Поэтому совместное применение графематических, морфологических и, в перспективе, семантико-синтаксических инструментов при подготовке данных для работы методов машинного позволит значительно улучшить качество работы и сократить размерность задачи, так, при векторизации среднего текста методом “сумка слов” (bag-of-words) без лингвистической обработки получается размер вектора текста - около 16000 признаков, с выделением начально формы слов и фильтрацией по значимым частям речи - 5000 или же фильтрации только по существительным - около 2500. Кроме того, на основании построения семантико-синтаксических и семантических представлений и их использования могут создаваться новые способы векторизации текстов для улучшения выделения смысловой составляющей текстов для определенной задачи.

Заключение

Применение лингвистического анализа позволяет повысить качество обработки текстовых данных во многих областях и открывает новые возможности для автоматизации обработки текстовых документов, используя накопленный опыт в области компьютерной лингвистики и особенности решаемых задач.

Для обеспечения возможности использования средств лингвистического анализа текста в ИС с различной архитектурой предложено несколько форм распространения разрабатываемых инструментов автоматизированного анализа текста на основе развития фреймворка TAWT, веб-сервиса с программным REST-интерфейсом и библиотеки-клиента для его использования.

Все это обеспечивает возможность создания программных инструментов для решения практических задач, внедрению инструментов анализа текста в ИС, учитывая интересы широкого круга пользователей.

Список литературы

1. Глухов, В. П. Основы психолингвистики: учеб. пособие для студентов педвузов / В. П. Глухов. – М.: АСТ: Астрель, 2005. – 351 с.

2. Фрумкина, Р. М. Психолингвистика / Р. М. Фрумкина. – М.: Академия, 2003. – 320 с.

3. Балакирев, Н. Е. Язык сценариев как инструмент аналитической обработки в открытой системе автоматизированного анализа текста / Н. Е. Балакирев, Е. В. Полицына // Вестник ВГУ. – 2013. – № 1. – С. 162–168.

4. Полицына, Е. В. Создание настраиваемого сервиса классификации в составе открытой системы автоматизированного анализа текста / Е. В. Полицына // Материалы XIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Т. 1. – Воронеж, 2013. – С. 80–84

5. Кретов, А. А. Функциональный подход к выделению ключевых слов: методика и реализация / А. А. Кретов, И. Е. Воронина, И. В. Попова, Л. В. Дудкина // Вестник ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии. – 2009. – № 1. – С. 68–72.

6. Касаткина, А. О. Разработка интегрального метода автоматического реферирования текста / А. О. Касаткина // XLIV Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения»: сборник тезисов докладов, 2019. – С. 355–356

7. Сервис реферирования текстов. – Режим доступа: http://abstracts.textanalysis.ru, свободный. (Дата обращения: 18.01.20)

8. Сервис подбора тематических синонимов. – Режим доступа: http://synonims.textanalysis.ru (Дата обращения: 18.01.20)

9. Иващенко, М. В. Анализ методов автоматизированного выделения ключевых слов из текстов на естественном языке / М. В. Иващенко // Материалы XVIII Международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Секция 10: компьютерная лингвистика. – 2018. – Т. 6. – С. 19–24

10. The Framework for Hypothesis Verification and Analysis of Natural Language Processing for the Russian Language / E. V. Politsyna, S. A. Politsyn, A. S. Porechny // Supplementary Proceedings of the Seventh International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST-SUP 2018), Moscow, Russia, July 5–7, 2018. – CEUR WorkShop Proceedings, ISSN 1613-0073 Aachen, Germany, 2018. – vol. 2268. – P. 25–33

11. Краснянский, М. Н. Сравнительный анализ методов машинного обучения для решения задачи классификации документов научно-образовательного учреждения / М.Н. Краснянский, А.Д. Обухов, Е.М. Соломатина, А.А. Воякина // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии, 2018, № 3, сс 173-182

12. Application Programming Interface (API) - Режим доступа: http://www.tadviser.ru/a/53171, свободный. (Дата обращения: 18.01.20)

Проблема и алгоритм автоматического выделения контекстных синонимов из текстов на русском языке

Е. В. Полицына, email: kathrin.beaver@mail.ru [1]
С.А. Полицын, email: pul_forever@mail.ru [1]
А. С. Поречный, email: alex.porechny@mail.ru [1]
Е. Е. Милованова, email: milovanova.e1997@gmail.com

[1] Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Рассмотрено явление полисемии и ее влияние на автоматический анализ текста. Определено понятие контекстных синонимов и выявлена проблема их автоматического выделения текстов на русском языке. Для решения этой проблемы предложен алгоритм выделения контекстных синонимов на основе выявления в тексте похожих семантико-синтаксических конструкций, их фильтрации и анализа путем использования двухуровневой семантической сети открытой системы автоматизированной обработки текста.*

Ключевые слова: *Контекстные синонимы, автоматическое выделение синонимов, синонимия, семантико-синтаксический анализ текста.*

Введение

Одной из сложных проблем автоматизированного анализа текста является обработка многозначных слов. Полисемия – нередко встречающееся в естественном языке явление, при котором языковая единица имеет более одного значения. Частным случаем данной проблемы является корректное выделение контекстных синонимов – слов, которые схожи по смыслу с другими словами лишь в определенном контексте [1].

Изучение различных видов синонимии, примеров использования в речи важно как для лингвистики в целом, поскольку синонимы и система синонимических средств составляет богатство языка, обеспечивая возможность носителя языка выразить одну и ту же мысль разными способами, расставить смысловые акценты или перефразировать свои мысли [2], так и для улучшения существующих и

© Полицына Е.В., Полицын С.А., Поречный С.А., Милованова Е.Е., 2020

создания новых алгоритмов автоматического смыслового анализа текстов.

1. Проблема многозначности слов

Многозначность слов и словосочетаний и их зависимость от контекста, в которым они употребляются, существенно усложняют процесс анализа сообщений на естественном языке. Количество вариаций исходного текста или одной фразы, полученных с использованием синонимических замен настолько велико, что существующие информационные системы не способны обработать их все, верно определив схожесть тестов и верно распознать выраженную мысль. Однако для носителей языка вариативность и многозначность единиц языка не мешает понимать смысл текста.

Среди существующих на сегодняшний день способов представления многозначности выделяются следующие [3]:

1. Иерархически упорядоченный набор частных значений, представленный толковыми словарями.
2. Множество частных значений с заданным отношением производности, связывающих их с исходным значением.
3. Инвариант и в той или иной степени выводимые из него варианты, реализующиеся в разных контекстных условиях.
4. Значение слова как набор семантических компонентов, или компонентов толкования, имеющих вид утверждений на семантическом метаязыке.
5. Схематический образ: картинка, позволяющая, по предположению, когнитивно-адекватным образом представить как значение слова, так и структуру его многозначности.
6. Абстрактная схема и набор формальных операций ее логического преобразования, в результате применения которой получаются частные значения.

На сегодняшний день не существует информационной системы, обладающей словарём, содержащим все возможные варианты многозначности слов. Это связано не столько с несовершенством существующих баз данных, сколько с тем, что человеческий разум способен в случае отсутствия необходимых сведений, обратиться к смежным или ассоциативным связям, основанным на более широких возможностях многозначности [3], что делает только словарное представление вариантов многозначных слов недостаточным для использования в системах автоматического анализа текстов.

2. Синонимы и контекстные синонимы

В широком смысле синонимы – это слова, равнозначные или похожие по значению. Синонимы могут быть представлены как одной частью речи, так и разными, но близкими семантически [6]. Синонимы также могут включать одно или несколько слов: идти - шагать; гигантский - огромный; противогаз - резинотехническое изделие номер один. Также выделяются контекстные или контекстуальные синонимы - слова, которые равнозначны другим словам лишь в определенной ситуации, или в конкретном контексте. Например: “душная, гнетущая атмосфера”; “пустынная, неприветливая равнина”. В русском языке душный и гнетущий, пустынный и неприветливый - разные понятия, но в определенном случае они близки по значению.

Контекст - это относительно законченная по смыслу часть текста или высказывания. Общий смысл контекста складывается из значений отдельных слов, в тоже время контекст дополняет и помогает прояснить значение каждого слова. Нередко слова, выступающие в роли контекстных синонимов, таковыми не являются без учета контекста, например: “Все у них было как-то черство, неотесанно, неладно, негоже, нестройно, нехорошо…” (Н.В. Гоголь “Мёртвые души”)

Синонимическое сближение может возникать между родовыми и видовыми понятиями - гипонимами и гиперонимами, между словами одной тематической группы [7]. Например: “Я позвал собаку. Барбос подошел, он был мне рад. Овчарка села рядом." В данном случае речь идет об одном и том же животном, поэтому слова Барбос, собака, овчарка синонимичны [6]. Кроме того, в данном случае в качестве контекстных синонимов использованы местоимения и имена собственные.

Перифраз, метафора и другие литературные тропы могут порождать контекстные синонимы. Например, у М.Ю. Лермонтова в перечислении “звучал булат, картечь визжала” булат - синоним холодного оружия, сабель и штыков.

По мнению Т.Б. Радбиля, назначение синонимических рядов заключено в разном представлении одного и того же действия путем выделения и акцентирования разных аспектов и элементов содержания ситуации. Слово в определённом значении “выбирает” из ситуации только часть информации, создавая определенный способ концептуализации, осмысления этой ситуации. Иными словами, слово представляет собой семантическую модель ситуации. В своей семантической модели ситуации говорящий может что-то выделить, сделать акцент, подчеркивая в слове какой-либо особый признак описываемого объекта, а в своей модели он может что-то “затемнять” в

слове, отодвигая на задний план или даже искажая семантику ситуации. Поэтому для описания ситуации важна также оставшаяся информация, не вошедшая в ассертивную часть исходного, основного значения слова [2].

Возникновение синонимии этого типа обусловлено семантическими процессами, возникающими при взаимодействии значений слов в тексте, т.е. синонимичным сближением. Синонимы возникают из необходимости фиксировать в слове новые оттенки явления, представления или понятия, такие слова могут характеризовать не собственно явление, а своеобразное видение, оценку отношения к нему. В тексте одни и те же объективные свойства явления характеризуются разными словами в зависимости от оценки повествующего. Часто эти слова не являются синонимами в языковой системе, но близки к ним по значениям, потому что в окружении синонимических слов принимают на себя определенные их признаки, и поэтому воспринимаются как синонимичные. В таком случае происходит сближение в тексте значений слов, которые в языке не являются синонимами.

3. Алгоритм выделения контекстных синонимов

Для автоматического анализа текста очень важно корректно определять контекстные синонимы, чтобы верно выделять из текста необходимые смысловые единицы, проводить семантическое сравнение текстов, получать рефераты и аннотации, более корректно выделять ключевые слова и словосочетания и т.д.

В докладе предлагается алгоритм выделения контекстных синонимов из текста на русском языке, позволяющих на разных этапах анализа определить “кандидатов” на контекстные синонимы, а затем выбрать из них наиболее подходящие.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

Проведение морфологического и семантико-синтаксического анализа текста с применением фреймворка TAWT:

1. разделение текста на предложения и слова, для слов необходимо определить их морфологические характеристики, там, где их можно определить однозначно;
2. применение фильтра для снятия неоднозначностей определения морфологических характеристик [8];
3. выделение словосочетаний из текста [8].
4. Формирование списка "шаблонов" словосочетаний с одинаковой структурой, например, сочетания прилагательных и существительных, совпадающие по формам.

5. Формирование списков словосочетаний с одинаковыми шаблонами.
6. Фильтрация с учетом ключевых слов и ключевых словосочетаний.
7. Расширение списка с учетом проверки по семантической сети [4, 5], учитывающей отношения род-вид, антонимия, ассоциативной связи, словарных синонимов.
8. Формирование для каждого слова списков слов, которые в одинаковых шаблонах встречаются на том же месте с группировкой по частям речи.

Автоматически полученные списки слов со схожим морфологическим и синтаксическим "поведением" в конкретном тексте содержат достаточно много общеязыковых словоупотреблений и распространенных конструкций, не относящихся к тематике данного текста и не являющиеся "контекстными синонимами". Для их фильтрации необходимо проведение более глубокого анализа, как на шаге 5 описанного алгоритма, так и проведение дополнительного анализа путем определения семантической близости выделенных "похожих" фрагментов текста.

Дальнейшее развитие алгоритма автоматического выделения контекстных синонимов ведется в направлении определения семантической близости полученных списков слов.

Это возможно благодаря тому, что в основе базы знаний открытой системы автоматизированного анализа текстов лежит двухуровневое семантическое представление (СП), которое отражает взаимосвязи окружающего мира или отдельных его компонент в виде модели текста или предметной области и позволяет обеспечить фиксацию множественности связей между разными способами выражения смысла понятий [4].

Нижний уровень СП основывается на оперировании словами и словосочетаниями в том виде, как они используются в текстах для выражения смысла. Верхний уровень СП, базируясь на понятиях, должен отражать взаимосвязи окружающего мира, абстрагируясь от их конкретного выражения и опираясь на понятия как главные структурные единицы, т. е. верхний уровень предназначен для представления знаний. Нижний уровень СП основан на использовании существующего в системе типа структур данных – семантической сети, которая позволяет хранить информацию о понятиях и различных видах связей между ними. Такая структура была взята за основу для реализации верхнего уровня СП и расширена для хранения описаний понятий, источников этих понятий. Для начала реализации верхнего уровня СП необходимо

было заложить в систему фундамент базовых знаний, в основу которого была положена информация, полученная из толковых словарей. Это позволяет создать список основных понятий в разных областях, добавить информацию о них и установить некоторые связи между ними.

Таким образом, следующими шагами алгоритма являются:

Построение на основе выделенных семантико-синтаксических представлений похожих фрагментов текста семантических сетей нижнего уровня и получение их отображений на СП верхнего уровня.

Сравнение полученных семантических представлений на основе использования алгоритмов определения изоморфности графом, вычисления длины маршрута или площади семантического поля с учетом ранее выделенных понятий и др.

Для уменьшения размерности задачи целесообразно применять сегментацию общей семантической сети по предметным областям средствами классификатора текстов на русском языке, предоставляющего программный веб-интерфейс для взаимодействия с ним [9].

Определение семантической близости фрагментов текстов, имеющих схожую семантико-синтаксическую структуру, позволит отфильтровать распространенные языковые конструкции, не являющиеся близкими по смыслу. Оставшиеся слова похожим синтаксическим "поведением" в этом тексте вероятнее всего являются контекстными синонимами.

Заключение

Предлагаемый алгоритм автоматического выделения контекстных синонимов позволит получить обширный материал для дальнейших исследований в области выделения и изучения многозначности слов в русском языке и в частности контекстных синонимов, а также позволит обеспечить более высокое качество решения различных задач компьютерной лингвистики.

Список литературы

1. Реформатский, А.А. Введение в языковедение / под ред. В.А. Виноградова, М: Аспект-Пресс, 1999, 536 с.

2. Путятина, Е.И. Контекстуальная синонимия в тексте и его дискурсе // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова №4, 2016, с. 148-151.

3. Зализняк, А.А. Феномен многозначности и способы его описания. Вопросы языкознания. — М., 2004. — № 2. — С. 20-45.

4. Полицына, Е.В. Реализация двухуровневого семантического представления текста в открытой системе автоматизированной обработки текста // Е.В. Полицына, С.А. Полицын / Проблемы

компьютерной лингвистики и типологии, Сборник научных трудов, вып. 6 / Воронеж: Изд. дом ВГУ, — 2017, — с 98-105

5. Костичев, Д.А. Разработка алгоритма автоматизированного построения семантической сети на основе толковых словарей / Д.А. Костичев, Е.В. Полицына // Сборник материалов XVII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» в 5 томах, Т. 4. Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО “Вэлборн”), 2017, с. 245-249.

6. Контекстные синонимы [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.anews.com/p/112585800-kontekstnye-sinonimy-ehto-primery-predlozhenij-s-kontekstnymi-sinonimami/, свободный – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 11.01.2020)

7. Белькова, А.Е. Контекстуальные синонимы как стилистическое средство выразительности в языке поэзии В. А. Мазина // Белькова А.Е. / Вестник НВГУ №4, 2014, с.1-7

8. Politsyna, E.V. The framework for hypothesis verification and analysis of natural language processing for the russian language // Politsyna E.V., Politsyn S.A., Porechny A.S. / CEUR Workshop Proceedings 7. Сер. "AIST-SUP 2018 - Supplementary Proceedings of the 7th International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts", 2018. pp. 25-33

9. Самохин, А.А. Анализ алгоритмов и расширение функциональности инструментов устранения сокращений в текстах на русском языке // А.А. Самохин / Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции Под ред. Д.Н. Борисова, 2019г, с 1627-1632

Разработка системы устранения сокращений в текстах на русском языке

А.А. Самохин[6], e-mail: arteemmius@mail.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Описаны алгоритмы устранения сокращений и представлена архитектура инструмента устранения сокращений в текстах на русском языке.*

Ключевые слова: *Сокращение, словарная статья, обработка текста, автоматический анализ текста, компьютерная лингвистика, русский язык.*

Введение

Сложность анализа естественного языка заключается в том, что язык – это многоуровневая система знаков, постоянно меняющаяся вслед за изменениями в жизни общества [1], естественному языку свойственно наличие неоднозначностей, выразительных средств, зависимость от контекста и т.д. Кроме того, количество естественных языков очень велико и каждый из них имеет свой набор грамматических, синтаксических, морфологических правил. Вследствие перечисленных причин обработку текстов на естественном языке сложно привести к унифицированному формальному набору правил.

Одной из проблем автоматической обработки текстов является проблема подготовки данных. Исходные тексты могут содержать множество элементов, препятствующих автоматической обработке. Подобные сложности обычно связаны с наличием в тексах знаков препинания, сокращений различных типов, слов, употребленных в переносном значении и других текстовых конструкций, имеющих определенную специфику и требующих отдельного подхода к обработке и анализу. Среди них выделяется задача устранения сокращений в текстах, то есть выделение в текстах сокращений, определение типа сокращений, формирование развернутого варианта в виде слова или словосочетания с согласованием морфологических характеристик с главным словом.

За время развития методов и инструментов обработки естественного языка (NLP – Natural Language Processing) появилось

© Самохин А.А., 2020

большое количество продуктов и технологий, решающих различные задачи NLP.

Существуют программы, представляющие собой модули и библиотеки, решающие одну или несколько задач автоматической обработки текстов. Так, к инструментам для работы с сокращениями в текстах на русском языке относятся макрос для “Microsoft Word” по поиску аббревиатур, представленный проектом “vExcele.ru” [2], программа по работе с аббревиатурами – “Аббревиатор” [3].

Все вышеописанные системы по обработке сокращений принимают на вход текст на русском языке, результатом работы приложений является соответствие сокращений и их полных форм, представленное в виде списка или списка найденных сокращений без расшифровки. Подобный принцип обработки текста имеет существенный недостаток – необходимость вмешательства оператора для формирования правильных полных форм сокращений с их последующим ручным добавлением в исходный текст, что делает невозможной полную автоматизацию обработки для решения какой-либо задачи.

Система по устранению сокращений [5] реализована в виде приложения с графическим интерфейсом. На вход приложение получает текст, результатом работы так же является текст, содержащий вместо сокращений их расшифровки в правильной морфологической форме.

Таким образом, средства [2], [3] решают задачу поиска сокращений, но их функциональность не подразумевает выделение сокращений из крупных единиц языка (предложений, текстов) с последующим получением развернутого сокращения в нужной форме, в инструменте [5], напротив, предусмотрены соответствующие возможности.

1. Задача устранения сокращений

Слова в текстах часто сокращаются авторами с различными целями. Сокращением слова называют пропуск отдельных букв и слогов в слове, а иногда – изъятие значительной части слова кроме отдельных букв [7]. Существуют разные виды сокращений. В ГОСТ Р 7.0.12-2011 «Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке» [4] все сокращения классифицируют на следующие виды по способу сокращения слова: сокращения, полученные методом усечения; сокращения, полученные с помощью стяжения; сокращения, полученные комбинированным методом.

С точки зрения автоматической обработки текстов, сокращения могут значительно усложнить их дальнейший анализ, поэтому важной

подзадачей обработки естественного языка является задача устранения сокращений в текстах.

Для формирования некоторых из видов сокращений используются знаки препинания, другие виды формируются всего из нескольких букв слова, поэтому отдельно взятое сокращение может не содержать информации о морфологических характеристиках полного варианта слова или может иметь разный смыл в зависимости от контекста, в котором данное сокращение употребляется.

К тому же, распространены ситуации, при которых для устранения сокращения, которое препятствует дальнейшему анализу текста, необходимы результаты различных этапов анализа, чтобы идентифицировать слово-сокращение при графематическом анализе, провести лемматизацию - на морфологическом и восстановить связи между сокращением и связанными с ним словами при синтаксическом анализе. Всё это оказывает существенное влияние на точность обработки исходного текста.

2. Общий алгоритм устранения сокращений в текстах на русском языке

В целом алгоритм по устранению сокращений в текстах на естественном языке в общем случае включает в себя четыре основных шага:

1. Поиск сокращений в тексте.
2. Определения полных форм найденных сокращений.
3. Определение нужных форм, в которых должны стоять развернутые сокращения.
4. Преобразование полных форм сокращений к форме с правильными морфологическими характеристиками.

Если первая подзадача сводится к поиску подстроки в строке, то существует множество возможных решений для второй, третьей и четвертой подзадач, каждое из которых требует углубленного графематического анализа.

Точность решения задач второго шага напрямую зависит от полноты базы данных сокращений и их полных форм. На данный момент в русском языке насчитывается порядка ста пятидесяти тысяч сокращений [6], следовательно, объем базы данных должен содержать большую часть от общего количества сокращений для поддержания системой высокой точности при поиске сокращений в тексте.

При решении задач третьего шага возникают конфликтные ситуации, при которых одному сокращению ставится в соответствие несколько полных форм. Например, «ФК» - футбольный клуб, функциональный класс, Фонд кино, Федеральное казначейство,

фигурное катание и т.д. Для разрешения такой неоднозначности необходимо определить предметную область исходного текста, после чего выполнить поиск полной формы сокращения, в предметной области исходного текста, чтобы правильный выбор полной формы сокращения сохранял смысл текста.

Решение задач четвертого шага заключается в определении правильной формы найденного сокращения, что требует отдельного изучения вопроса моделей словосочетаний в русском языке. Также необходимо сформировать набор экспериментальных данных для оценки точности существующих моделей.

3. Анализ алгоритма устранения сокращений инструмента по устранению сокращений в текстах на русском языке

В ходе эксплуатации программы [5] и анализа полученных результатов было выявлено два основных недостатка, которые в значительной степени снижают вероятность получения правильного выбора полной формы сокращения.

Программа [5] обладает достаточно небольшой базой данных сокращений, в силу чего достаточно высок процент ошибок первого рода, присутствуют случаи пропуска сокращений, что напрямую влияет на качество работы программы.

Еще одним недостатком программы является отсутствие в структуре базы данных сокращений атрибута, указывающего на принадлежность сокращения к определенной предметной области, только для некоторых сокращений предметная область указана в качестве дополнительной информации, что непригодно для автоматической обработки. Выбор правильной формы может быть осуществлен путем анализа принадлежности исходного текста к определенной предметной области.

Таким образом, на основе использования алгоритмов системы [5] могут быть созданы новые алгоритмы и инструменты, учитывающие выявленные в результате проведенного анализа недостатки.

Направлениями развития существующих алгоритмов для создания нового инструмента являются следующие:

1расширение локальной базы данных сокращений;

2изменение структуры базы данных путем добавления атрибута, показывающего принадлежность текста к определенной предметной области;

3использование классификатора текста для получения информации о предметной области, к которой относится исходный текст.

4. Архитектура системы устранения сокращений

При построении архитектуры приложения за основу была взята технология Spring Web MVC (Model View Controller) [8].

Взаимодействие между компонентами программного комплекса отображено на рисунке.

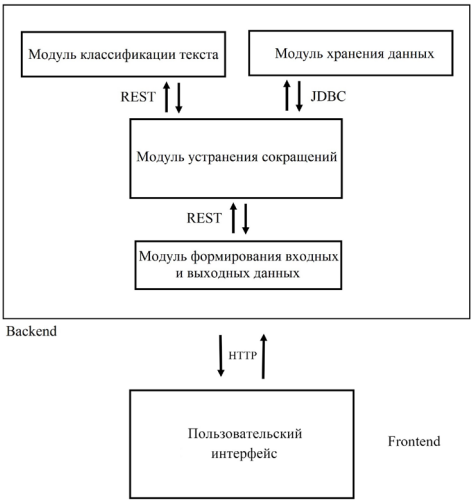


Рисунок. Схема взаимодействия частей программного комплекса

2. Модуль классификации текста

Модуль классификации текстов выполняет функцию определения предметной области, к которой относится исходный текст. Взаимодействие с модулем осуществляется по протоколу RESTful. На вход модуля отправляется сообщение в формате JSON, содержащее текст на русском языке. В результате работы модуля классификации клиент получает JSON сообщение, содержащее информацию о принадлежности исходного текста к определенной предметной области.

В качестве инструмента классификации текстов был взят за основу классификатор [9], реализованный в виде REST-сервиса.

3. Модуль хранения данных

Основная функция модуля хранения данных – хранение информации о сокращениях, их полных формах и предметных областях, к которым они относятся. Для создания словаря сокращений были использованы сокращения, представленные в самом большом

электронном словаре сокращений [6]. На данный момент модуль хранения данных насчитывает около ста тысяч сокращений.

4. Модуль устранения сокращений

Модуль устранения сокращений выполняет основную функцию системы – устранение сокращений во входном тексте. Взаимодействие с модулем осуществляется по протоколу RESTful. На вход модуля отправляется сообщение в формате JSON, содержащее текст на русском языке. В результате работы модуля клиент получает JSON сообщение, содержащее выходной текст с развернутыми сокращениями.

В свою очередь, модуль устранения сокращений взаимодействует с модулем классификации текстов для получения информации о предметной области входного текста по средствам обмена JSON сообщениями по протоколу RESTful. Так же модуль устранения сокращений взаимодействует с модулем хранения данных для получения полных форм найденных сокращений, взаимодействие осуществляется по средствам JDBC драйвера.

5. Модуль формирования входных и выходных данных

Графический интерфейс пользователя реализован с помощью технологии JSP. Средствами SpringWeb осуществляется сопоставление элементов JSP страницы с Java классами.

Заключение

Проведенный анализ показал, что на основе использования алгоритмов системы [5] могут быть созданы новые алгоритмы и инструменты выделения и расшифровки сокращений с возможностью формирования правильной полной формы слов в зависимости от предметной области.

На основании предложенных улучшений была описана разработка архитектуры инструмента устранения сокращений в текстах на русском языке для повышения точности устранения сокращений.

Литература

1. Большакова, Е.И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учебное пособие. / Е.И. Большакова [и др.] — М.: МИЭМ, 2011. — 272 с.

2. Программа автоматического поиска сокращений в тексте [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://vexcele.ru/shop/15/desc/poisk_abbreviatur – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 11.11.2019)

3. Аббревиатор - программа формирующая список сокращений [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://tehpis.ru/abbreviator – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 11.11.2019)

4. ГОСТ Р 7.0.12-2011 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 10.11.2019)

5. Сивоволова М.А. Разработка программной системы устранения сокращений в текстах на русском языке [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://gagarin.mai.ru/files/2018/Vol_2.pdf (Дата обращения 10.05.2019)

6. Электронный словарь Sokr.ru [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.sokr.ru (дата обращения: 30.11.2019)

7. Скатеренко А.Е. Сокращения слов как отдельная тенденция современного общества. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10688 Заглавие с экрана. – (Дата обращения 11.11.2019)

8. Spring Web MVC [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/web.html (Дата обращения 14.11.2019)

9. Самохин А.А. Реализация программной системы классификации текстов на русском языке с помощью REST архитектуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/asamohin/TextAnalyzerREST (Дата обращения 10.11.2019)

Применение программных средств определения фонемно-цветовой синестезии для анализа ленты новостей

Е. Ю. Скалина, email: EvaRock13@mail.ru
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе представлен анализ результатов, полученных с помощью программных средств, определяющих значения фонемно-цветовой синестезии для текстов русского языка.*

Ключевые слова: *фонемно-цветовая синестезия, анализ текста, СМИ.*

Введение

Фонемно-цветовая синестезия основывается на предположении, что не только слова несут в себе информацию, скрытый смысл, но и звуки речи также имеют смысловую нагрузку, оказывают ассоциативное влияние на сознание человека [1-3]. В [4] была рассмотрена идея связи фонем с цветами и реализован алгоритм расчёта доминирующего цвета для отдельного слова или фрагмента текста.

1. Анализ ранее полученных результатов

В [5-6] были начаты эксперименты с текстами различной тематики, чтобы определить, можно ли применять программные средства на основе реализованных алгоритмов. Выбор текстов носил случайный характер, так как в начале исследований было сложно точно предположить, в каких сферах значения фонемно-цветовой могут быть корректно выявлены и сопоставлены со смысловыми. Одним из основных выводов было явное соответствие синего цвета текстам научного и официально-делового стиля.

В [7] была выбрана узкоспециализированная тематика текстов - эксперименты проводились только со статьями уголовного и уголовно-исполнительного кодексов РФ. Алгоритм выявил общие цветовые соответствия между различными статьями, содержащими один и тот же вид наказаний. Но более детальный анализ статей снова подтвердил, что при отсутствии специфических процессуальных указаний и наличии только общепринятого юридического лексикона, доминирующим цветом в большинстве случаев опять становится синий.

© Скалина Е. Ю., Воронина И. Е., 2020

В [8] были проанализированы сообщения из одного источника информации, тематика которых были выбрана случайным образом. Доминирующим цветом всегда оставался синий, корреляции между информационным поводом и цветом выявить не удалось. Также в [8] программные средства для определения фонемно-цветовой синестезии были применены к инструкциям по выполнению физических упражнений. Результаты исследования показали, что синий цвет никогда не является доминирующим и существует зависимость между типом упражнений и наиболее часто встречающимся цветом.

2. Анализ ленты новостей

Для анализа был взят один официальный источник информации [9], освещающий события во всех сферах. Чтобы оценить возможность наличия различий в цветовой окраске сообщений, были проанализированы новости различного типа и содержания, появившиеся в течение одной недели. Стоит отметить, что помимо изложения фактов, информационные сообщения содержали в себе комментарии только официальных лиц, которые не ставили перед собой цель показать публике свою эмоциональную реакцию на произошедшее событие.

Первыми для исследования были взяты спортивные новости. 15 рассматриваемых сообщений условно разделены поровну на 3 группы:

1. Результаты представляют собой краткое подведение итогов прошедшего состязания.
2. Под информационными сообщениями подразумеваются различные очерки по поводу прошедших или предстоящих спортивных мероприятий и заметки о спортсменах.
3. Репортажи состязаний с результатами российских спортсменов.

Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Анализ спортивных новостей

Цвет / Тема	Результаты	Информация	Репортаж
Жёлтый		++	
Синий	++	+++	+++
Коричневый	+++	+++	+++
Сине-зелёный	++		
Зелёный	+	+	++
Красный			

Исследования показали, что в спортивной тематике часто встречается коричневый цвет и почти всегда присутствует небольшая доля зелёного. Также синий цвет часто отмечен как доминирующий, но более детальный анализ даёт объяснение этим результатам. В данной выборке в 2 и 3 группах содержались несколько новостей, которые представляли собой комментарии официальных лиц по какому-либо спортивному поводу. Например, были новости, касающиеся отмены турниров по скалолазанию и отчёты о проведении дружеских соревнований между Россией и КНР. Эти заметки были написаны в стиле, отличающимся от обычного для спортивной тематики и более характерном для официальных документов и комментариев. Именно эти новости увеличили частоту встречаемости синего цвета.

Следующий эксперимент был проведён с политическими новостями. Информационные сообщения касались внутренних или международных политических событий. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Анализ политических новостей

Цвет / Тема	Внутренние	Международные
Жёлтый	+	+
Синий	+++	+++
Коричневый		
Сине-зелёный	++	
Зелёный	+	+
Красный		

Алгоритм определения фонемно-цветовой синестезии показал, что тема политики оказалась нейтрально окрашена. Почти каждая новость содержала комментарий официального лица по рассматриваемой проблеме. Лексикон, употребляемый комментирующим, всегда являлся набором штампов и официальных речевых оборотов. Это исследование подтверждает, что такие тексты всегда имеют синий доминирующий цвет.

Следующий эксперимент был проведён с новостями, относящимися к широкой тематике – общественной. Для наглядности новости были дополнительно разделены на несколько групп:

1. Новости, касающиеся погоды, содержат в себе прогнозы на будущее или объяснения текущих погодных аномалий.

2. Советы представляют собой руководства по решению часто встречающихся проблем или описания праздничных традиций и привычек.
3. К развлечениям относятся описания интернет новостей или заметки о культурной жизни общества.
4. Прогнозы являются наиболее официальной группой сообщений, содержащей в себе описания общих тенденций в социальной и экономической сфере (пенсии, зарплаты, материнский капитал).

Результаты экспериметов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Анализ новостей на общественную тематику

Цвет / Тема	Погода	Советы	Развлечения	Прогнозы
Жёлтый			+++	
Синий	++	+++	+	++
Коричневый	+	++		+++
Сине-зелёный	+++	++		+
Зелёный	+++			
Красный				

Результаты данного исследования показывают, что сообщения одной группы имеют общие тенденции к цветовой окраске. В данной выборке присутствовали сообщения разной длины (от коротких заметок до статей), поэтому возможна некоторая доля погрешности при анализе результатов. Например, новости, относящиеся к теме прогнозов, всегда довольно длинные и содержат в себе отсылку к юридическим документам, что увеличивает встречаемость синего цвета. Сообщения, касающиеся развлекательного контента, являются ёмкими и не содержат лексики официально-делового стиля.

Заключение

Проведенные исследования подтверждают основные выводы предыдущих экспериментов:

1. Любые тексты, содержащие лексику официально-делового стиля, имеют синий цвет одним из доминирующих. Проведя анализ текстов по предложению, часто можно явно отследить встречаемость синего в отдельных частях текста.
2. Тексты одной тематики часто имеют схожие доминирующие цвета.

Анализ спортивных новостей и некоторых групп новостей общественной тематики показывает, что из текстов по смыслу можно выделить синие фрагменты. Другими словами, до проведения фонемно-цветового анализа можно предположить, какие фрагменты текста будут иметь синий официально-деловой оттенок, и исключить их при анализе цвета основной части текстов.

В дальнейшем планируется продолжить исследования сообщений в СМИ, используя методы группировки текстов по темам и исключая «шумовые» синие фрагменты. Также планируется провести ряд экспериментов с источниками информации, содержащими в себе более эмоционально окрашенные сообщения, например, социальные сети.

Список литературы

1. Журавлёв А. П. Звук и смысл: Кн. для внеклас. чтения учащихся ст. классов. / А.П. Журавлёв. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Просвещение, 1991. – 160 с.

2. Звуко-цветовая синестезия и методы её использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vaal.ru/show.php?id=114

3. Журавлёв А. П. Фонетическое значение. / А.П. Журавлёв. – Л.: Издательство Ленингр. Ун-та, 1974. – 160 с.

4. Скалина, Е. Ю. Программные средства определения фонемно-цветовой синестезии / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», 8-9 февраля 2018 г. – Воронеж, 2018. – С. 65-68.

5. Скалина, Е. Ю. Применение алгоритма определения фонемно-цветовой синестезии для анализа текстов / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Математика, информационные технологии, приложения: сборник трудов Межвузовский научной конференции молодых ученых и студентов, 23 апреля 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2018 – С. 93-98.

6. Скалина, Е. Ю. Создание и применение программных средств определения фонемно-цветовой синестезии / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17–19 декабря 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2019. – С. 1672.

7. Скалина, Е. Ю. Анализ результатов применения алгоритма определения фонемно-цветовой синестезии для юридических текстов / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Материалы XIX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы,

методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1638-1643.

8. Скалина, Е. Ю. Применение программных средств определения фонемно-цветовой синестезии для анализа информационных сообщений и инструкций / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 11-13 ноября 2019 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2020. – С. 497.

9. РИА Новости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ria.ru/

Роль лексического агента в семантике LRA

И. С. Смирнов, email: dru0121@gmail.com [7]
В. А. Биллиг, email: vladimir-billig@yandex.ru [7]

Тверской государственный технический университет [7]

Аннотация. *В данной работе рассматривается роль лексического агента в семантике LRA, описывающей взаимодействие лексического и рационального агентов в процессе извлечения смысла из текстов на естественном языке. Естественный язык используется как для коммуникативных целей, так и как модель, позволяющая прогнозировать развивающуюся ситуацию. Как правило, один и тот же текст содержит множество смыслов, один из которых требуется извлечь в конкретной ситуации. Семантика LRA, предложенная в работе А. Я. Диковского, задает формализацию взаимодействия лингвистического агента, отвечающего за чисто лингвистический аспект текста и рациональных агентов, отвечающих за тот или иной смысл текста. В работе рассматривается предложенная нами реализация лингвистического агента, основанная на построении деревьев глубинных зависимостей. Эта реализация согласуется с разрабатываемой нами реализацией рациональных агентов.*

Ключевые слова: *Семантика LRA, лингвистический агент, рациональный агент, взаимодействие агентов, текст на естественном языке, извлечение смысла из текста, деревья глубинных зависимостей, семантика, смысл, логика* LP_0.

Введение

Несмотря на повсеместное использование компьютерных систем, в наши дни наибольшее количество информации представлено в неструктурированном виде. Одной из наиболее распространённых форм неструктурированной информации является текст на естественном языке. Обработка текстов на ЕЯ заключается в преобразовании в некоторое внутреннее представление смысла, которое может быть использовано для дальнейшей интерпретации. Способ представления и возможности по интерпретации определяются используемой семантической моделью, которая является основным компонентом любой системы обработки ЕЯ. Семантические модели можно условно разделить на две группы: статистические и лингвистические (формальные). Статистические модели направлены на широту

© Смирнов И.С., Биллиг В.А., 2020

покрытия, в то время как лингвистические обеспечивают более глубокое понимание конструкция языка. Последние представляют наибольший интерес в связи с растущими потребностями в решении сложных задач из области ИИ.

В работе Александра Диковского [1] рассматривается формальная семантика LRA, основанная на взаимодействии двух агентов – лексического (LA) и рационального (RA). Семантика построена на основе противоречия понятий *значение* и *смысл*. Концептуально, *значение*, или лексическая часть интерпретации текста, должно соответствовать тому, что показано в тексте исключительно лингвистическими средствами (лексикой, морфологией, грамматикой, синтаксисом), а *смысл* – той части, которая основана на экстралингвистических знаниях и контексте. С точки зрения LRA текст имеет единственное *значение* и множество возможных *смыслов*, получаемых в процессе взаимодействия агентов, по одному для каждого возможного RA. Лексическая часть является основой в процессе построения модели текста, в то время как рациональная отвечает больше за проверку модели и логический вывод. В данной работе рассматривается реализация лексической части семантики, учитывающая особенности текстов, написанных на русском языке.

1. Логика лексического агента

Прежде чем приступить к описанию лексического агента, следует сказать несколько слов об используемой логике. Лексический и рациональный агент используют разные логики, причём логика рационального агента является расширением логики лексического. Логика лексического агента LP_0 состоит из следующих элементов. Базовые элементы LP_0:

1. Множество I объектных сущностей-констант $I = I^o \cup I^P$, где I^o и I^p – множества констант-множеств и пропозициональных констант.
2. Множество X объектных сущностей-переменных $X = X^o \cup X^p$, где X^o и X^p – множества переменных-множеств и пропозициональных переменных.
3. Множество P предикатов.
4. Множество F функций.

Формулы LP_0 определяются следующим образом:

1Пусть $p \in P, a_i \in X \cup I, a \in X^P \cup I^p, p \in P$, а $\neg$ – знак отрицания, тогда выражения $p(a_1, a_2, ...a_k)$ и $\sim p(a_1, a_2, ...a_k)$ называются

фактами, а выражения $p(a_1, a_2, ...a_k) \in a$ и $\neg p(a_1, a_2, ...a_k) \in a$ называются пропозициональными атомами.

5. Пусть $a_1, a_2 \in I^o \cup X^o$, тогда выражение $a_1 \in a_2$ – атом включения
6. Пусть $a_1, a_2 \in I \cup X$ и $f \in F$, тогда выражение $f(a_1) = a_2$ – функциональный атом
7. Пусть $A_1, A_2 \ldots A_k, B$ – атомы, тогда выражения $B \leftarrow A_1, A_2 \ldots A_k$ и B – клаузы
8. Множество клауз называется программой

Модель LP_0 интерпретирует константы-множества как множества констант, а обычные константы как множество атомов LP_0.

2. Представление текстов в семантике LRA

Большинство формальных семантических моделей опирается на результаты синтаксического анализа, будь то анализ на основе грамматики составляющих или грамматики зависимостей. В качестве конкретной реализации чаще всего используется парсер, разработанный в университете Стэндфорда [2]. Такой анализ принято называть поверхностным, т.к. он захватывает лингвистические явления, характерные для конкретных языков. В совокупности с тем, что большинство фундаментальных исследований в области семантики языка проводились англоязычными авторами, это привело к тому, что семантические модели и их реализации естественным образом ориентированы на более простой по синтаксису английский язык, хотя формально являются независимыми от языка. LRA использует другой тип абстракции на уровне синтаксиса, идя в сторону универсальной грамматики. Исходный текст должен быть представлен в виде последовательности деревьев глубоких зависимостей (DD-деревья). С теоретической точки зрения такие деревья являются развитием идей И.А. Мельчука [3]. С точки зрения практики, такой выбор позволяет абстрагироваться от конкретных реализаций поверхностного и глубинного анализа, а также сложных лингвистических явлений, таких как анафорические ссылки и элипсисы. В нашей реализации для обучения синтаксического парсера был использован корпус Universal Dependencies [4]. Полученные деревья конвертировались в деревья глубоких зависимостей с помощью составленного вручную набора правил, каждое из которых представляет из себя рекурсивную процедуру трансформации дерева.

В узлах DD-деревьев находятся специальные структуры, состоящие из следующих элементов:

1Глубинная лексема. Предназначена для того, чтобы абстрагироваться от конкретного языка. В нашей работе, однако, мы используем леммы соответствующих русских лексем. Используется так же ряд специальных лексем для представления глагола быть (*BE-A*, *BE-PROP*, *BE-ATTR*), даже если он пропущен. Существуют также нулевые лексемы. Нулевые лексемы нужны для описания конструкций, в которых у глаголов отсутствуют аргументы, явно выводимые из лексического контекста. Такое явление в русском языке проявляется в причастных оборотах и сложноподчинённых предложениях с относительными местоимениями. Путь в дереве, соединяющий узел дерева, с соответствующей нулевой лексемой называется остаточным. Специальные лексемы имеют собственную интерпретацию в рамках LRA.

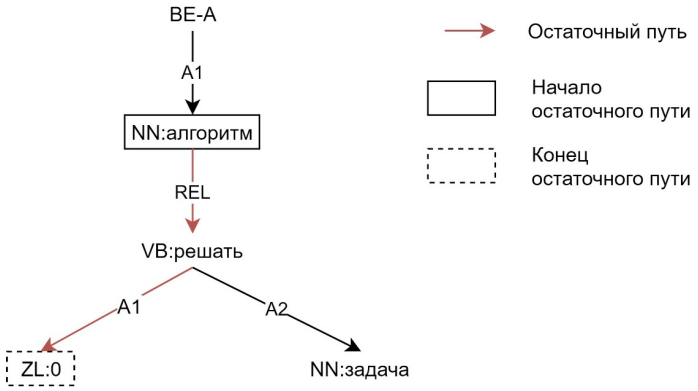


Рис. 1. DD-дерево предложения «Алгоритм, решающий задачу».

1Знак (положительный или отрицательный). Используется для декорирования предикатов логики.

1. Глубинный квантор. Предназначен для использования в логическом выводе.
   – U . Квантор универсальности. Соответствует квантору всеобщности логики первого порядка. Выполняется для каждого экземпляра класса сущностей. Например, «Все птицы летают».
   – G . Общий квантор. Выполняется для класса сущностей в целом. Например, «Птицы летают».

- E . Квантор существования. Соответствует аналогичному квантору логики первого порядка. Например, «Птица летит».
- D . Определённый квантор. Выполняется для конкретной сущности или множества. Например, «Птица летит».

2. Значения семантических функций. Примерами семантических функций могут служить *PLUR* (число для существительных), *ANIM* (одушевлённость), *CLASS* (семантический класс сущности) и др. Механизм семантических функций предназначен, в первую очередь, для расширения семантики. LRA преобразует их в функциональные атомы, которые позже могут использовать для логического вывода

Узлы дерева связаны между собой отношениями. Всего существует 10 типов отношений. Типы отношений более или менее соответствуют устоявшимся языконезависимым семантическим отношениям: субъекту, объекту и косвенному объекту действия, свойству, атрибуту, отношениям между подчинёнными и сочинёнными группами и т.д.

Помимо этого, существует одно «не древесное» отношение – отношение кореференции, которое связывает анафору с её корнем. Кроме того, это отношение может связывать узлы разных деревьев в случае, когда анафора и её корень находятся в разных предложениях. Так что на практике DD-деревья удобнее представлять графом.

3. Смысл текста в семантике LRA

Как было сказано ранее, LRA ставит в соответствие тексту (последовательности DD-деревьев) единственное *значение*. LRA использует композиционный подход, т.е. значение узла дерева определяется посредством комбинации значения дочерних узлов и информации в самом узле. Значение текста удобнее представить в виде списка атомов логики LP_0. Правила получения этого списка зависят от класса узла. Формально выделяются 12 классов узлов. Класс определяет тип и количество возможных дочерних зависимостей, от которых и будет зависеть значение узла. Например, значение для узла-глагола (класс VB) будет строится с учётом актантов, атрибутов и свойств глагола. Полный список правил можно найти в оригинальной работе [1]. Полученные атомы, являются стимулами для лингвистического агента. Следует отметить, что даже в отсутствии рационального агента лингвистический агент построит модель, которая является *смыслом* данного текста. Рассмотрим простой пример. Пусть для предложения «Все птицы летают.» было простроено DD-дерево (Рис.2).

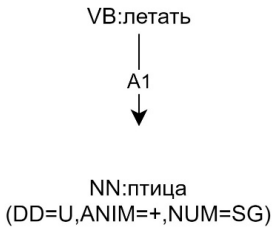


Рис. 2. Дерево глубинного разбора предложения «Все птицы летают.»

Таблица

Процесс получения смысла предложения «Все птицы летают.»

№	Стимул LA (значение)	Программа	Модель (смысл)
1	$i_0 \in$ *птица*		$i_0 \in \|\|$*птица*$\|\|$
2	$PLUR(i_0) = SING$		$PLUR(i_0) = SING$
3	$ANIM(i_0) = +$		$ANIM(i_0) = +$
4	$DD(i_0) = U$	*летать*$(x) \in i_1 \leftarrow$ *летать*$(i_0), x \in i_0$	
5	$i_1 \in$ *летать*		$i_1 \in \|\|$*летать*$\|\|$
6	*летать*$(i_0) \in i_1$		*летать*$(i_0) \in \|\|i_1\|\|$

В процессе обработки стимулов LA расширяет собственную программу (шаг 4). Новые правила добавляются в базу знаний лексического агента и будут применяться к новым стимулам. К такому поведению чаще всего приводит появление определённой комбинации глубинных кванторов.

Заключение

Построена реализация лингвистического агента. Реализация ориентирована на взаимодействие с разрабатываемой нами реализацией рациональных агентов. Их взаимодействие обеспечит извлечение смысла текстов в соответствии с подходом, определяемым семантикой LRA.

Список литературы

1. Dikovsky A. Linguistic↔Rational Agents' Semantics // Journal of Logic Language and Information, Vol. 4, No. 26, 2017. pp. 1-97.

2. Manning, Christopher D., Surdeanu, Mihai, Bauer, John, Finkel, Jenny, Bethard, Steven J., and McClosky, David. 2014. The Stanford CoreNLP Natural Language Processing Toolkit In Proceedings of 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations, pp. 55-60.

3. Mel'ˇcuk I.A. Levels of dependency in linguistic description // In: An international handbook of contemporary research / Ed. by Agel V. Berlin: Walter de Gruyter, 2003. pp. 188–229.

4. Universal Dependencies [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://universaldependencies.org/treebanks/ru_syntagrus

Тематическая фильтрация новостных сообщений с помощью комбинированного подхода на основе анализа ключевых слов в сообщениях и активности целевой аудитории пользователей

А. В. Сычев, email: sav@sc.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В докладе рассматривается возможность комбинирования анализа ключевых слов в сообщениях и анализа активности целевой аудитории для решения проблемы тематической фильтрации новостных сообщений, имеющих короткую длину текста.*

Ключевые слова: *тематическая фильтрация, новостные сообщения, онлайн-аудитория, рейтинги, комментарии пользователей, ключевые слова, стемминг, факторный анализ.*

Введение

Многие средства массовой информации имеют собственные онлайн-площадки для оперативного взаимодействия со своей аудиторией. Одним из популярных форматов подачи информации становятся новостные сообщения. Одновременно изменяется и механизм обратной связи от аудитории читателей (пользователей). Помимо традиционных текстовых откликов - комментариев, появляются "лайки" и "репосты". И все это сопровождается почти экспоненциальным ростом общих объемов электронных новостей и откликов от аудитории, что неизбежно приводит к актуализации проблемы автоматической фильтрации сообщений, при проведении мониторинга информационно-медийной сферы и потоков обратной связи от пользователей.

Сложность решения задачи автоматической фильтрации сообщений обусловлена следующими особенностями контента, публикуемого на онлайн-платформах СМИ и в социальных сетях:

- «Размытая» тематика текстов сообщений и комментариев;
- Малый объем текста в одном сообщении или комментарии;
- Разнородность публикуемых текстов по стилистике, уровню грамотности авторов и т.п.;
- Большой объем публикуемых сообщений и комментариев в единицу времени.

© Сычев А. В., 2020

Разработчики систем мониторинга сообщений в такой ситуации неизбежно оказываются перед выбором: либо использовать уже отработанные классические подходы к автоматическому анализу текстов, в том числе реализованные в проприетарных или общедоступных программных пакетах, либо использовать "поверхностные" алгоритмы, которые в довольно ограниченной степени опираются на лингвистические методы анализа текстов. Первые могут давать хорошие показатели точности и глубины анализа при условии достаточно большой длины входных текстов, но имеют серьезные недостатки: скорость выполнения анализа текста и привлечение большого объема вспомогательных данных. Вторые уступают первым по глубине и точности анализа, но могут работать с текстами существенно меньшей длины и основаны на более быстрых алгоритмах обработки данных.

Особенностью новостных сообщений и комментариев пользователей, является то, что они относятся к коротким текстам. К коротким сообщениям принято относить текстовые документы, средняя длина которых составляет менее 2000-3000 символов [1], например, сообщения в социальной сети Твиттер (Twitter), средняя длина которых составляет 78 символов [2].

Проблема тематической классификации (рубрикации) коротких текстов на русском языке была рассмотрена во многих работах. В статье [3] представлены результаты исследования в области классификации коротких текстовых документов и проанализированы методы классификации на основе анализа распределения лексических дескрипторов естественного языка. Там же описан метод оценки информационной значимости лексических единиц в текстах естественного языка. В работе [4] экспериментальным путем получены оценки качества нескольких методов тематической классификации (рубрикации) новостных сообщений с использованием в качестве признаков различных численных оценок информационной значимости на примере набора данных «20 новостных групп».

В настоящей работе предлагается подход к анализу коротких текстовых сообщений, который можно отнести к "поверхностным".

1. Описание предлагаемого решения

Для решения задачи тематической фильтрации большого потока новостных сообщений и связанных с ними комментариев пользователей предлагается комбинировать "поверхностные" лингвистические методы анализа текстов и экстралингвистические данные, извлекаемые из онлайн-платформы и ассоциированные с обрабатываемыми текстами.

В качестве экстралингвистических данных, которые прямо или косвенно отражают результат осмысленной "переработки" текстов новостных сообщений $m_i \in M$ пользователями предлагается использовать следующие:

- N_V - количество просмотров сообщения m_i пользователями;
- N_L - количество «лайков» пользователей у сообщения m_i;
- N_C - количество комментариев под сообщением m_i;
- N_R - количество «репостов» сообщения m_i пользователями.

Тематическая фильтрация сообщений может быть реализована путем построения тематического классификатора, определяющего по входному вектору признаков лингвистического и экстралингвистического характера для сообщения m_i его принадлежность к одной из заранее определенных тематик.

Для фильтрации сообщений потребуется построить модель классификатора текстов:

$$R = < T, C, F, R_c^f, f >$$

где: T – коллекция текстов, C – непустое множество тематических рубрик, F – непустое множество описаний тематических рубрик (каждое описание содержит данные, необходимые для классификации, например, списки ключевых слов и их значимость), R_c^f – отношение на C×F, соотносящее тематические рубрики и соответствующие им описания, f – операция классификации [3].

При формировании вектора признаков сообщения v_t потребуется выполнение следующих операций:

1. Выделение ключевых слов, определяющих тематику сообщения или указывающих на наличие определенных лиц, событий и т.п. в сообщении;
2. Стемминг, поиск N-грамм, частотный анализ выделенных лексических единиц;
3. Получение информации по экстралингвистическим показателям сообщения: N_v, N_L, N_C, N_R.

В некотором приближении текст как объект классификации можно рассматривать как совокупность лексических дескрипторов, под которыми можно понимать отдельные лексемы (ключевые слова) как совокупности парадигматических форм (словоформ) одного слова либо словосочетания, в которых главное слово приведено к словарной форме, а форма зависимых слов подчинена управлению главного слова.

Сообщение, содержащее в себе текст $t_i \in T$, характеризуется вектором, содержащим в качестве компонент как атрибуты множества

лексических дескрипторов, содержащихся в этом тексте, так и экстралингвистические показатели N_v, N_L, N_c, N_R:

$$v_t = (w_1, w_2, \ldots, w_{St}; N_V, N_L, N_C, N_R)$$

Диаграмма, описывающая работу системы автоматической тематической рубрикации новостных сообщений, представлена на рисунке.

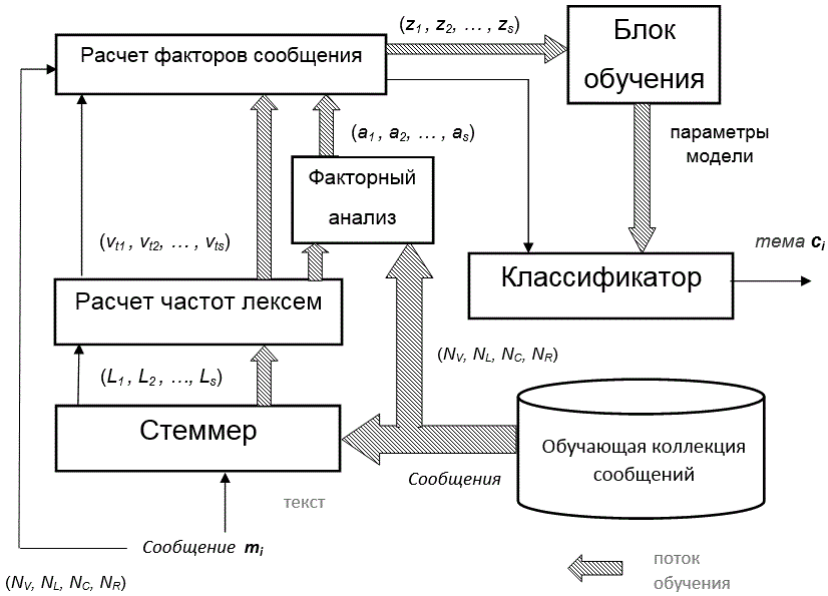


Рисунок. Диаграмма работы системы автоматической рубрикации новостных сообщений

2. Факторный анализ вектора текстового сообщения

Поскольку среди ключевых слов и экстралингвистических показателей довольно часто наблюдается существенная корреляция, допустимо проведение факторного анализа множества атрибутов-признаков, формирующих вектор текста-сообщения v_t. Важным преимуществом факторного анализа является сокращение размерности вектора признаков v_t при несущественной потере точности результатов классификации. Это позволяет получить более компактную модель классификации и существенно сократить вычислительные издержки при реализации предлагаемого подхода.

Факторный анализ может быть реализован на основе метода главных компонент (МГК), который заключается в вычислении сингулярного разложения матрицы данных M_t или вычисления собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы. Этот анализ позволит определить параметры линейной модели, обобщенно описывающей сообщения на основе сформированного вектора признаков, т.е. фактически веса признаков. То есть, МГК должен трансформировать признаки вектора v_t в p новых некоррелирующих друг с другом главных компонент z_k - факторов, являющихся линейными комбинациями исходных переменных-признаков v_{tj}:

$$z_k = a_1 \cdot v_{t1} + a_2 \cdot v_{t2} + \ldots + a_p \cdot v_{tp}, \quad k = 1, 2, \ldots, p$$

При отсутствии в распоряжении аналитика четких тематических рубрик возможно также проведение разведочного анализа накопленной за некоторый период времени коллекции сообщений M путем проведения кластеризации на базе этой коллекции M с целью получения группировок сообщений, более детальное изучение которых может стать для аналитика отправной точкой при выявлении скрытых тематических общностей в коллекции M.

Заключение

Предложенный в докладе поход к автоматической рубрикации коротких текстовых сообщений, основан на комбинировании анализа ключевых слов в сообщениях и учета показателей активности целевой аудитории пользователей, что позволяет устранить проблему недостаточного объема лингвистических данных в коротких текстовых сообщениях путем привлечения экстралингвистических данных, косвенно отражающих результат обработки содержания сообщении в сознании пользователей.

Предложенная структура автоматического тематического классификатора отличается простотой реализации и большей вычислительной эффективностью.

В дальнейшем планируется:

1. практически реализовать систему тематической классификации коротких текстовых сообщений на основе предложенного в докладе комбинированного подхода;
2. оценить качество классификации на полных коллекциях коротких новостных сообщений и комментариев пользователей в одной из социальной сетей;
3. отработать методику факторного анализа структуры вектора сообщения на основе анализа главных компонент матрицы,

автоматически сформированной для коллекции новостных сообщений.

Список литературы

1. Ландэ, Д.В. Подход к выявлению дублирования сообщений в новостных информационных потоках // Д.В. Ландэ, А.Т. Дармохвал, А.Ю. Морозов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://dwl.kiev.ua/art/rdcl/rcdl2006.pdf, свободный. Проверено 10.01.2020.

2. Яндекс подсчитал русскоязычных пользователей твиттера // Lenta.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://lenta.ru/news/2011/08/04/rustwitter/, свободный. Проверено 10.01.2020.

3. Мбайкоджи, Э. Метод автоматической классификации коротких текстовых сообщений / Э.Мбайкоджи, А.А.Драль, И.В. Соченков // Информационные технологии и вычислительные системы. – Москва : Изд-во ФИЦ "Информатика и управление" РАН, 2012. - № 3. - С. 93-102.

Использование информационных технологий в сравнительно-типологическом исследовании диалектной речи Италии

Ю. А. Филипацци, email: juliaflip@gmail.com

Высшие курсы иностранных языков Всероссийской академии внешней торговли Минэкономразвития РФ

Аннотация. Аннотация. *В данной работе рассматриваются возможности применения информационных технологий для целей сравнительно-типологического анализа корпусов слогов, полученных на базе итальянских диалектных текстов. В числе сфер приложения машинных процедур отмечаются построение статистических моделей слога для каждого диалекта в отдельности, а также получение общих графиков дифференциации близкородственных диалектов.*

Ключевые слова: Ключевые слова*: корпус слогов, статистическая модель слога, дифференциация близкородственных диалектов, итальянские диалекты.*

Введение

В сравнительно-типологических, диалектологических, исторических, переводческих и иных исследованиях романских языков до сих пор относительно слабо применяются компьютерные технологии, что, вероятно, обусловлено сильной гуманитарной филологической традицией отечественной романистики. Сопротивление применению машинных методов объяснимо тем, что они несут с собой иллюзию обесчеловечивания, в то время как романские языки ассоциируются с культурой Возрождения, Гуманизма, где в центре всего оказывается Человек. В то же время нельзя отрицать, что автоматизация помогает обрабатывать большие объемы данных и что её применение неизбежно, конечно, при условии грамотного руководства стоящего за ней лингвиста.

Проблема заключается в том, что профессиональная подготовка романистов не предполагает параллельного погружения в мир компьютерных технологий: очень часто сегодня глубокие знания в лингвистическом предмете, например, в каком-то языке и его диалектах, сочетаются с почти абсолютной компьютерной безграмотностью. Чем более молод специалист-романист, тем, соответственно, выше его компьютерная грамотность, но тем меньше оказывается у него опыта и

© Филипацци Ю. А., 2020.

знаний в предмете. В будущем следует, очевидно, ожидать изменения этой ситуации.

Из актуальных направлений автоматизации исследований можно отметить построение тезаурусов, корпусные исследования различных единиц языка, квантитативные типологические исследования, в числе которых заслуживают особенного упоминания работы В.Т. Титова (бывшего одним из ректоров ВГУ) «Общая квантитативная лексикология романских языков» [1] и «Частная квантитативная лексикология романских языков» [2].

Приходится констатировать, что существующее применение компьютерных технологий охватило на данный момент только сферу литературных романских языков, что и понятно: речь идет о кодифицированных языковых системах. Что же касается исследований диалектной речи, то они пока остаются областью применения классических методов сбора, анализа и представления

1. Корпус слогов в сравнительно-типологическом исследовании диалектной речи Италии и его машинная обработка

Идея исследовать корпусы слогов родилась из необходимости найти простую и сопоставимую единицу для сравнения близкородственных диалектов, образцами которых выступили литературные тексты одного жанра (театральные пьесы), одной формы речи (диалогическая и монологическая речь) и одного временного среза (XX и XXI век). Гипотеза исследования заключалась в том, что деление на слоги речевых единиц (фраз) отражает действующие в данной языковой системе фонологические и морфологические нормы; различное преломление этих норм в диалектной речи, проистекающей из общей этимологической базы, непосредственно отражается в структуре слога, выступающего первичным материальным конституентом речевой цепи до того, как она будет расшифрована слушающим.

Применение информационных технологий к материалу диалектной речи затруднено как раз по той причине, что диалектные системы, в отличие от литературных (национальных, стандартных) языков не кодифицированы либо, как это происходит в Италии, некоторые системы имеют несколько вариантов графической кодификации: например, практически во всех текстах, написанных на северных диалектах Италии — лигурийском, венецианском, ломбардском -, были встречены разночтения в использовании графических знаков для выражения одних и тех же звуков. Другой аспект проблемы заключается в том, что диалектное расслоение Италии не заканчивается конкретной областью, а продолжается вглубь до уровня провинций и даже

отдельных муниципалитетов, и авторы самостоятельно, ориентируюсь на свой вкус и знания, используют различные знаки, зачастую нарушая в одном и том же тексте ими же самими избранный принцип написания.

В случае с центральными и южными диалектами возникла трудность иного рода, а именно проблема трактовки двойных согласных (само наличие или отсутствие двойных согласных выступает важным критерием дифференциации диалектного пространства Италии: в северных диалектах их нет, а в центральных и южных - есть). Простое механическое деление, предполагающее относить первый согласный к предшествующему слогу, а второй — к последующему слогу, скрыло бы от нас интересные фонологические данные, а именно, мы не узнали бы, сколько геминат было унаследовано диалектом от латыни, где это были два разных звука, а сколько возникло в ходе собственного развития языковой системы как удлинение одного согласного.

Между тем, для целей автоматического деления текстов и на слоги и мгновенного получения протяженных корпусов слогов с перечнем слов, в которых эти слоги встречаются, могла быть успешно использована программа СЛОГС, разработанная на кафедре ТИПЛ именно для таких целей [3]. Данная программа прекрасно себя зарекомендовала в кириллической версии для обработки литературных текстов на русском языке, после чего была разработана версия для текстов, написанных латиницей. Удобство и скорость обработки данных столкнулись с препятствием, выраженным тем, что сама унификация диалектных текстов, необходимая для получения сопоставимых результатов, занимает очень много времени, так что оказывается необходим личный контроль исследователя за каждым фрагментом текста. В случае с геминатами и вовсе был необходим пословный этимологический контроль деления на слоги. Пока такой подход по затратности временных ресурсов оказывается равен объему затрат на исправление ошибок после применения программы, что дает исследователю возможность выбора, применять программу или собирать данные вручную. В дальнейшем, учитывая перспективность разработанного алгоритма, нужно обязательно вернуться к его доработке применительно к диалектным текстам, с вероятной адаптацией программы хотя бы под основные, литературно и культурно значимые итальянские диалекты.

2. 2. Автоматические процедуры в анализе и представлении полученных лингвистических данных

Полученные в ходе нашего исследования списки слогов хранятся в алфавитных перечнях в таблицах Excel, к каждому списку прилагается вариант перечня, выстроенный по частотности. По окончании

формирования всех списков планируется создать таблицу-схему слогов, общих для всех диалектов (всего мы анализируем 7 диалектных систем), и слогов, встречающихся не во всех диалектах (в шести из них, в пяти или же только в одном). Эти данные позволяют проследить общие для всех диалектов способы комбинирования фонем в слогах и установить уникальные сочетания фонем.

Перечни слогов также группируются по структурным типам, например, выделяется группа слогов типа TO, состоящих из взрывного согласного либо аффрикаты и гласного, или STOR, состоящих из сибилянтов, смычных согласных, гласных и плавных сонантов. Такой анализ позволяет увидеть общие тенденции в организации фонем в слоге: имеется ли в диалекте тенденция к открытости слогов, как организуются скопления согласных относительно гласного ядра, какие согласные формируют наиболее частотные типы слогов и т. п.

Получаемые таким образом схемы оказываются похожи на схемы молекул, которые можно сравнивать друг с другом.

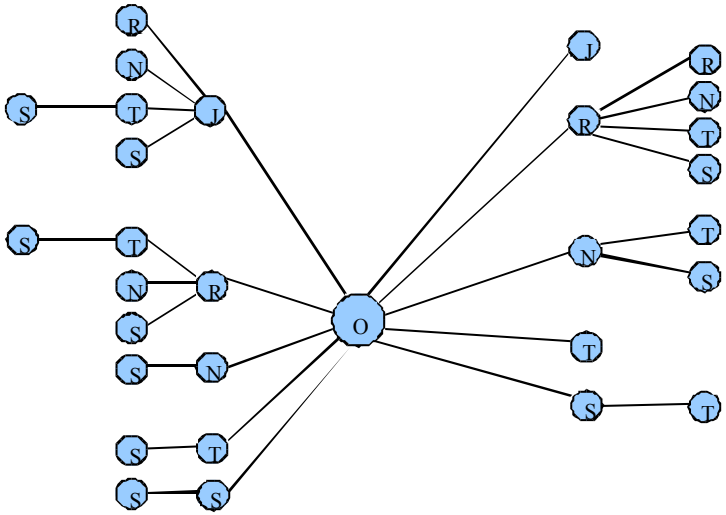


Рисунок. Схема слога в диалекте Бергамо.

Для групп диалектов, различия между которыми пролегают не столько в способе организации фонем в слоге, сколько в большей или меньшей употребительности тех или иных связей (например, в паре «тосканский — римский диалект»), предполагается использовать различную толщину линий, и это уже, безусловно, придется поручить

машине, поскольку вручную точно отрегулировать толщину линий невозможно. Для сопоставления различных моделей возможно репрезентировать их в различном цвете и затем взаимно наложить на одном и том же рисунке. Ожидаемый результат — наглядно проследить плавный дрейф модели слога от одной крайней модели в сторону другой крайней модели, рассмотрев географический вектор направления этого дрейфа. Полученные таким образом наглядные материалы могут быть успешно использованы в дидактических целях или в целях пополнения справочных материалов для специалистов.

Одним из аспектов исследования слогов является анализ единиц, возникающих на стыке разных лексических и/или синтаксических единиц, например, в случае присоединения артикля к имени существительному или энклитики к опорному слову. Такие слоги возникают только в тексте и не могут быть обнаружены при анализе словарных единиц. Больший или меньший объем их присутствия, а также способность или неспособность слога совмещать в себе сразу несколько единиц, могут говорить о различных особенностях кодирования информации в том или ином диалекте. Например, венецианский диалект стремится к реализации принципа «один слог = одна единица», а самый маленький неаполитанский слог (выраженный гласным ядром) может заключать в себе элементы даже и трех синтаксических единиц. Построение графиков с использованием соответствующих программ поможет наглядно отследить имеющиеся закономерности.

Использование автоматических приемов выборки элементов из текста открывает для внимательного специалиста-предметника неожиданные перспективы исследования. Работая в программе WordOffice и поэтапно выбирая из текста один и тот же слог, располагающийся в разных позициях слова (ta-nto - lon-ta-no – an-da-ta), мы заметили, что количество таких слогов в рамках одного и того же текста очень часто совпадает до единицы: например, 49, 49 и 50. Удивительно, что это наблюдение было сделано случайно: при полностью автоматической или полностью ручной выборке этот факт остался бы незамеченным. А между тем, речь идет, вероятно, о некоем принципе необходимой соразмерности дистрибуции слогов в разных позициях слова, что может дать интересный фактический материал для теории языка вообще и теории слога в частности. Это интересно с точки зрения универсальных принципов шифрования и расшифровки речевых сигналов, а также в аспекте тенденций оформления лексических единиц в конкретных языках. Безусловно, для правильной обработки таких статистических данных нужен квалифицированный языковед, который

был бы способен учесть, что а) служебные слова употребляются в речи намного чаще полнозначных, б) это правило может охватывать не все слоги, а, например, самые простые, и т. п.

Заключение

В применении к диалектам само построение схем, графиков и рисунков выступает отдельным ценным способом получения знаний об изучаемом предмете, которые невозможно получить, просто просматривая списки слогов. Возможность работать с оцифрованными текстами и быстро выполнять различные процедуры открывает простор для творчества и экспериментов. Работая над каким-то этапом исследования, можно расширять предполагаемый горизонт возможностей, достижение которых было немыслимо в доцифровую эпоху. В частности, одной из отдаленных перспектив проводимого нами исследования мы видим возможность применить полученные данные о строении слога для автоматического распознавания диалектной речи. Учитывая значительное присутствие диалектов в речевой практике итальянцев, это может быть стать определенным подспорьем для переводчиков, лингвистических экспертов и др.

Список литературы

1. Титов, В. Т. Общая квантитативная лексикология романских языков: Монография / В. Т. Титов ; Воронеж. гос. ун.т. – Воронеж: Изд-во Воронеж. Гос. Ун-та, 2002. - 237 с.

2. Титов, В. Т. Частная квантитативная лексикология романских языков / В. Т. Титов. – ; Воронеж. гос. ун.т. – Воронеж: Изд-во Воронеж. Гос. Ун-та, 2004. - 552 с.

3. Кузнецова Е. С. Система лингвистического определения границ слога / Е. С. Кузнецова, А. А. Кретов, И. Е. Воронина // Математическое обеспечение ЭВМ. Межвуз. сб-к науч. Трудов. Вып. 3. - Воронеж, 2001. - С. 39-46.

Секция 7
Суперкомпьютерные вычисления и BigData. Квантовые информационные системы

Исследование особенностей фреймворка Apache Spark и его роль в распределенной обработке данных

И. М. Брусенцев, email: ivanbrusentsev@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены особенности фреймворка для распределенной обработки больших данных Apache Spark, проведен сравнительный анализ Apache Spark и технологии MapReduce.*

Ключевые слова: *Big Data, Apache Hadoop, MapReduce, Apache Spark, распределенные вычисления.*

Введение

Фреймворк Apache Spark – высокопроизводительная универсальная распределенная система вычислений. Spark обеспечивает возможность обработки больших массивов данных, помимо тех, что могут уместиться на одной машине, с помощью высокоуровневого, относительно простого в использовании API. Spark – одна из самых быстрых систем среди аналогов, его архитектура и интерфейс уникальны [1]. Поэтому данный фреймворк зачастую используют для написания вычислений, которые будут работать быстро в распределенных системах хранения различных видов и размеров.

Этот фреймворк часто рассматривается как альтернатива Apache MapReduce, поскольку Spark можно использовать для распределенной обработки данных с помощью Hadoop. Основными конструктивными особенностями Spark сильно отличается от MapReduce (парадигма программирования, описывающая программы на языке процедур отображения (map), служащих для фильтрации и сортировки данных на узлах распределенной системы, и процедур свертки (reduce), агрегирующих данные на узлах отображения).

Сам по себе фреймворк Spark не предназначен для хранения данных, проводимые им вычисления на JVM Spark (виртуальных машинах Java) сохраняются только на время жизни приложения Spark. Чаще всего фреймворк используется в сочетании с распределенной системой хранения данных (например, HDFS, Cassandra или S3) и диспетчером кластера для координации распределения приложений Spark по кластеру.

© Брусенцев И. М., 2020

1. Компоненты Spark

Фреймворк предоставляет высокоуровневый язык запросов для обработки данных. У Spark Core, основного фреймворка обработки данных в экосистеме Spark, имеются API на Scala, Java, Python и R. Ядром Spark является абстракция данных под названием Resilient Distributed Datasets (RDD, отказоустойчивые распределенные наборы данных). Набор RDD – представление статически типизированных, распределенных коллекций с отложенным вычислением. У таких наборов имеется несколько предопределенных высокоуровневых преобразований (применяемых ко всему набору данных функций), например map, join и reduce, предназначенных для манипуляции распределенными наборами данных, а также функции ввода/вывода для чтения и записи данных между распределенной системой хранения и различными JVM Spark [2].

Помимо Spark Core, экосистема Spark содержит несколько других компонентов от Apache, обеспечивающих более специализированные средства обработки данных, таких как:

– Spark SQL – компонент, который описывает интерфейс для частично структурированного типа данных DataFrames и частично структурированную типизированную версию RDD – класс Dataset.

– MLlib – пакет алгоритмов для машинного обучения и статистики, написанный с помощью Spark.

– Spark Streaming использует планировщик Spark Core для потоковой аналитики и мини-пакетов данных. Для Spark Streaming релевантны некоторые специфические соображения, например относительно размеров окон для пакетов.

– GraphX – фреймворк для работы с графами, основанный на Spark и включающий API для вычислений на графах.

2. Модель параллельных вычислений Spark

Spark позволяет пользователям писать программы для так называемого *драйвера* (ведущего узла) кластерной вычислительной системы, которая способна совершать операции над данными параллельно. Spark представляет большие наборы данных в виде наборов RDD – неизменяемых, распределенных коллекций объектов, – хранимых в *исполнителях* (ведомых узлах). Составляющие наборы объекты называются секциями и могут вычисляться на различных узлах распределенной системы. Диспетчер кластера Spark запускает и распределяет исполнителей Spark по распределенной системе в соответствии с параметрами конфигурации, задаваемыми приложением Spark. Вместо вычисления каждого преобразования сразу же после того, как его задаст драйверная программа, Spark вычисляет RDD

отложенным образом, рассчитывая результат преобразований набора только в момент, когда становятся необходимы итоговые данные RDD. Spark умеет хранить RDD в оперативной памяти узлов-исполнителей в течение всего времени жизни приложения Spark ради ускорения доступа при повторяемых вычислениях. Наборы RDD реализованы в Spark как неизменяемые. Подобная парадигма отложенного вычисления, хранения данных в оперативной памяти, а также неизменяемости делает Spark удобным в использовании, отказоустойчивым, масштабируемым и эффективным.

Существует два типа определяемых для наборов RDD функций: *действия* (actions) и *преобразования* (transformations) [3]. Действия – это функции, возвращающие нечто отличное от набора RDD, включая побочный эффект, а преобразования – функции, возвращающие другой набор.

Spark приступает к вычислению секций лишь при вызове действия. Действия вызывают срабатывание планировщика, который строит *ориентированный ациклический граф* (directed acyclic graph, DAG) на основе зависимостей между преобразованиями наборов RDD. Другими словами, Spark вычисляет действие в обратном порядке путем описания последовательности шагов, необходимых для формирования каждого из объектов итогового распределенного набора данных (каждой секции). А затем согласно этой последовательности, называемой планом выполнения, планировщик находит недостающие секции для каждого этапа до тех пор, пока не вычислит весь результат.

Отложенное вычисление позволяет Spark объединять операции, не требующие взаимодействия с драйвером (их называют преобразованиями с взаимно однозначными зависимостями), чтобы избежать многократных проходов по данным. Парадигма отложенных вычислений не только более эффективна, но и позволяет легче реализовать в Spark логику, требующую от разработчика объединения операций отображения.

Spark отличается отказоустойчивостью. Уникальность обеспечения отказоустойчивости фреймворком Spark состоит в следующем: каждая секция данных содержит информацию о зависимостях, достаточную для повторного ее вычисления. Spark не требует поддержания журнала обновлений каждого объекта RDD или журнала промежуточных шагов, поскольку сам объект содержит всю информацию о зависимостях, необходимую для репликации всех его секций. Следовательно, при потере секции в RDD есть достаточно информации относительно ее происхождения, чтобы вычислить ее заново, причем этот расчет можно распараллелить для ускорения восстановления.

Превосходство Spark над MapReduce в производительности особенно ощутимо в сценариях использования, включающих повторяемые вычисления. В значительной степени фреймворк обязан этим повышением производительности хранению данных в оперативной памяти. Вместо записи данных на диск в промежутке между проходами Spark имеет возможность хранить данные в исполнителях, загруженных в оперативную память.

3. Планирование заданий Spark

Приложение Spark состоит из ведущего процесса, содержащего высокоуровневую логику Spark, и набора процессов-исполнителей, которые могут быть разбросаны по узлам кластера. Сама программа Spark работает на узле драйвера и отправляет команды исполнителям. На одном кластере фреймворка можно запустить в конкурентном режиме несколько приложений Spark. Диспетчер кластера планирует выполнение приложений, каждое из которых соответствует одному SparkContext. Приложения Spark, в свою очередь, запускают множество конкурентных заданий. Эти задания соответствуют действиям над набором RDD в конкретном приложении. В данном разделе мы рассмотрим приложение Spark и запуск им заданий Spark – процессов вычисления преобразований RDD.

Spark предоставляет два способа выделения ресурсов приложениям: *статическое* (static allocation) и *динамическое* (dynamic allocation). При статическом каждому приложению выделяется конечный объем ресурсов кластера, который сохраняется за ним на протяжении всей жизни приложения (на время работы SparkContext). В зависимости от кластера, к категории статического выделения относится множество различных видов выделения ресурсов. При динамическом выделении исполнители добавляются в приложение Spark и удаляются из него по мере необходимости, на основе набора эвристических правил для ожидаемой потребности в ресурсах.

Приложение Spark соответствует набору заданий Spark, определяемому одним объектом SparkContext в драйверной программе. Приложение Spark запускается в момент начала выполнения SparkContext. При выполнении SparkContext в рабочих узлах кластера запускается драйвер и набор исполнителей. Каждый исполнитель соответствует виртуальной машине Java (JVM), так что не способен охватывать несколько узлов, хотя в одном узле может быть несколько исполнителей. Объект SparkContext определяет, сколько ресурсов выделяется каждому исполнителю. При запуске задания Spark каждый исполнитель получает слоты для запуска задач, необходимых для вычисления RDD. Таким образом, можно рассматривать SparkContext

как набор параметров конфигурации для выполнения заданий Spark. RDD не могут использоваться приложениями совместно. Рисунок 1 иллюстрирует, что происходит при запуске SparkContext. Во-первых, драйверная программа производит тестовый опрос диспетчера кластера. Диспетчер кластера запускает несколько исполнителей Spark (JVM, показанных на схеме прямоугольниками) в рабочих узлах кластера (показаны в виде окружностей). В одном узле может быть несколько исполнителей Spark, но у исполнителя не получится охватывать несколько узлов. Набор RDD будет вычисляться в секциях (показанных серыми овалами) по исполнителям. Каждый исполнитель может иметь несколько секций, но секция не может распространяться на несколько исполнителей.

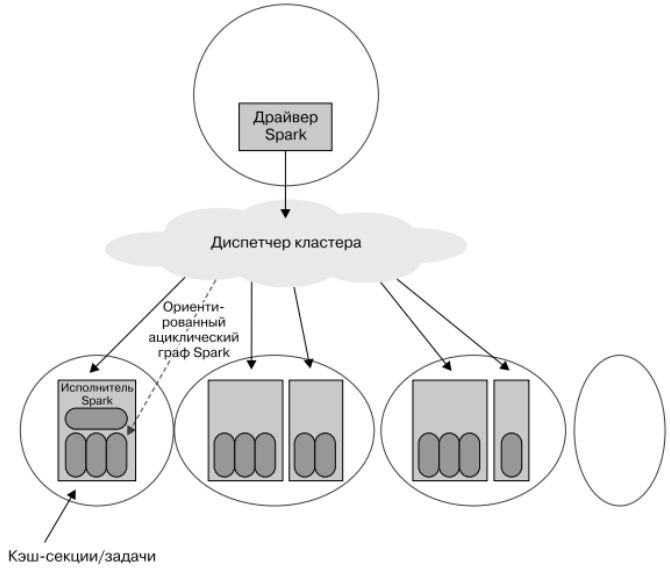


Рис. 1. Запуск приложения Spark в распределенной системе

В соответствии с парадигмой отложенного вычисления фреймворка, приложение Spark «ничего не делает» до тех пор, пока драйверная программа не вызовет действие. При каждом вызове действия планировщик Spark строит граф выполнения и запускает задание Spark (Spark job). Оно состоит из этапов, представляющих собой шаги преобразования данных, необходимые для формирования итогового набора RDD. Этап состоит из набора задач (tasks), каждая из

которых означает параллельное вычисление, выполняемое на исполнителе. На рис. 2 показано дерево различных компонентов приложения Spark и их соответствие вызовам API. Работа приложения соответствует запуску SparkContext. Приложение может содержать много заданий, каждое из которых соответствует одному действию RDD. Язык теории графов позволяет сказать, что это действие формирует «лист» в DAG. Задание (job) может состоять из нескольких этапов, каждый из которых соответствует широкому преобразованию. Этап (stage) состоит из одной или нескольких задач, каждая из которых соответствует параллелизуемой единице вычислений, выполняемой на данном этапе. На высоком уровне этап можно рассматривать как набор вычислений (задач), каждое из которых выполняется одним исполнителем без взаимодействия с другими исполнителями или драйвером.

Секции в итоговом RDD данного этапа соответствует одна задача (task). Задача – самый маленький блок иерархии выполнения, каждая задача соответствует одному локальному расчету. Все задачи одного этапа выполняет один и тот же код, но для различных элементов данных. Количество задач этапа соответствует количеству секций выходного набора RDD данного этапа.

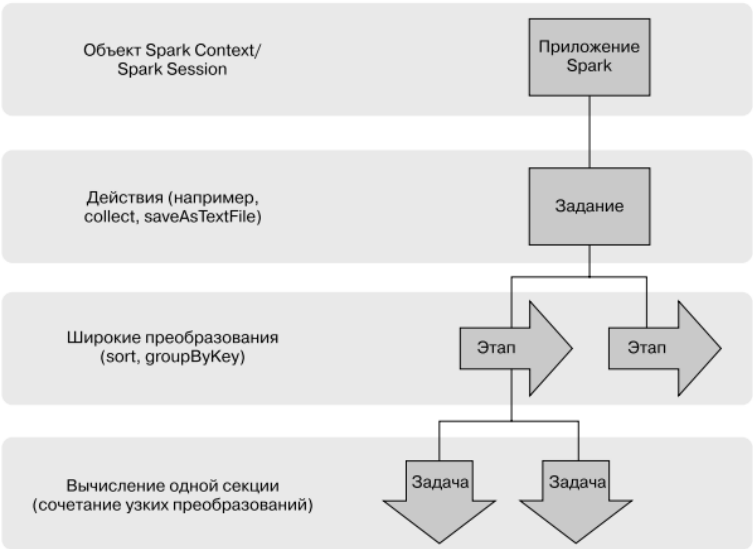


Рис. 2. Дерево приложения Spark

У каждого исполнителя есть несколько ядер. Количество ядер в расчете на исполнителя настраивается на уровне приложения, но обычно соответствует количеству физических ядер кластера. Количество одновременно выполняемых фреймворком задач не может превышать общего количества ядер исполнителей, выделенных приложению. Если количество секций (а значит, и количество задач) превышает количество слотов для выполнения задач, то лишние задачи будут назначены исполнителям после завершения первого цикла выполнения задач и освобождения ресурсов.

В какой-то мере простейший способ представить модель выполнения Spark – считать, что задание Spark представляет собой совокупность преобразований набора RDD, необходимых для вычисления одного итогового результата. Каждый этап соответствует участку работы, который можно выполнить без вовлечения драйвера.

4. Сравнение Spark и MapReduce

Рассмотрим преимущества и недостатки фреймворка Spark по сравнению с более ранней технологией MapReduce [4-6]:

1. Скорость работы. MapReduce медленнее из-за особенностей работы ввода-вывода: после каждого этапа map или reduce выходные данные записываются на диск. Spark же при достаточном количестве ресурсов может оставлять промежуточные вычисления в памяти.
2. Тип обрабатываемых данных. MapReduce используется только для пакетной обработки данных, Spark же может обрабатывать данные в реальном времени (Spark Streaming).
3. Расходы на аппаратное обеспечение. Spark более требователен к аппаратному обеспечению, в частности ему требуется в среднем больше оперативной памяти для эффективной работы.
4. Простота использования. Spark предлагает более гибкие и высокоуровневые инструменты для обработки данных. MapReduce же более сложен и ограничен в функционале, код на MapReduce будет более объемным. Отладка Spark приложения также более простая.
5. Языковая поддержка. Основным языком программирования для использования MapReduce является Java, однако есть частичная или полная поддержка таких языков, как C, C++, Python, Ruby. Apache Spark поддерживает Java, Scala, Python и R. Как правило, используется Scala, которая за счет своих особенностей еще больше ускоряет разработку приложений.

Заключение

Фреймворк Spark предлагает передовую эффективную модель параллельных вычислений, основанную на отложенном вычислении неизменяемых, распределенных наборов данных, известных под названием RDD. В силу умения Spark выполнять задания параллельно, вычислять задания в нескольких узлах и осуществлять отложенное формирование RDD, подобные логические паттерны могут приводить к широкому варьированию производительности. Данный фреймворк обладает рядом преимуществ по сравнению с более ранней технологией обработки больших данных Apache MapReduce.

Список литературы

1. Карау, Х. Эффективный Spark. Масштабирование и оптимизация / Х. Карау, Р. Уоррен ; – СПб. : Питер, 2018. – 352 с. : ил.
2. Введение в Apache Spark [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://habr.com/company/mlclass/blog/250811
3. Знакомство с Apache Spark [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://habr.com/company/piter/blog/276675
4. Spark vs MapReduce [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://datareview.info/article/znakomstvo-s-apache-spark
5. Apache Spark – достоинства, недостатки, пожелания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://habr.com/post/329838
6. MapReduce vs Apache Spark – 20 Useful Comparisons To Learn [Электронный ресурс] . – Режим доступа : https://www.educba.com/ mapreduce-vs-apache-spark

Секция 8
САПР и цифровые технологии

Подход к обеспечению устойчивости функционирования системы связи на основе построения единого информационного пространства

С.С. Белоусов [1], E-mail: belousovtel@yandex.ru
П. А. Федюнин [1] E-mail: belousovtel@yandex.ru

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *в статье проведен анализ построения систем связи на основе применения концепции ЕИП для достижения целей эффективного управления процессом.*

Аннотация. Ключевые слова*: устойчивость системы связи; единое информационное пространство; поле; управление.*

Введение

В последнее время наиболее перспективными направлениями в решении вопросов обеспечения качественного управления объектами являются разработка и практическая реализация концепции единого информационного пространства (ЕИП). Именно данный шаг позволит уйти от традиционного иерархического построения таких систем как система управления и соответственно ее технической основа – система связи.

За счет, каких преимуществ концепция ЕИП описываемая в военно-научных статьях [1,2] столь сильно привлекает различных ученых и развивается в трудах, в чем ее отличие от строго вертикальных (иерархических) связям пунктов управления будет разобрано авторами в статье.

1. Преимущества ЕИП

Системы связи, построенные согласно концепции ЕИП, рассмотренные в ряде исследований, проводимых специалистами в области военных наук [1,2], предлагает введение понятий «пространства» и «поля» используемых для описания и изучения информационного обеспечения системы управления.

Понятие «информационное пространство» в рамках концепции ЕИП предлагается рассматривать как категорию включающую как естественную область внешнего мира, отражающую знания об этом

© Белоусов С. С., Федюнин П. А., 2020

мире независимо от самого человека, так и искусственную область как продукт информатизации создаваемый человеком в определенных целях (служба единого времени, координат, единства управления и другие)[2]. Такая категория как «поле» в свою очередь уже является подсистемой по отношению к «пространству» и представляет собой решение одних или нескольких функций организации данных и их систематизации в «пространстве» (разведывательно-информационная, управленческое, воздействия). Основное преимущество перехода от иерархического построения к концепции ЕИП – это возможность формирования локальных и интегральных полей позволяющих максимально реализовать характеристики тех элементов, которые входят в их состав.

Объединение узлов связи различной подчиненности в единые функциональные сети позволяет сократить время реакции на изменение текущей обстановки, повысить уровень информационной обеспеченности и оперативности принимаемых управленческих решений.

В перспективе не только взаимодействие сил и средств, но и большего участия в них других государственных структур, ведомств и партнеров по коалициям. Чтобы добиться успеха в новых условиях, необходимо иметь способность динамически интегрировать самые разнообразные множества сил и средств для полной реализации новых возможностей, которые можно потенциально получить как за счет использования внутреннего ресурса самих силового ведомства, так и задействования других госструктур и т. п. Необходимо уменьшить внутренние формальные процедуры согласования в интересах повышения адаптированное подразделений силовых ведомств к новым условиям. При этом повышение уровня интеграции сил и средств должно быть распространено до самого низкого уровня управления [3] .

В условиях изменения модели угроз изменяются роль и место силового ведомства в вооруженной борьбе. В большей степени акцент будет делаться на проведение невоенных операций, что требует повышения значимости сферы информационного противоборства, а также тесного взаимодействия с негосударственными организациями и структурами.

Современные достижения в области информационных технологий существенным образом повышают возможности всех компонентов силового ведомства по обмену информацией. Это ведет к появлению новых принципов ведения силовых действий и в целом — к повышению эффективности силового ведомства. При этом под взаимодействием понимается совместная выработка единого замысла, принятие решения

или разработка каких-либо других материалов для решения поставленных задач. Такое взаимодействие позволяет командирам:

– транслировать собственное понимание и видение вариантов решения задач собственным подчиненным для более качественного их уяснения;

– оценивать возможные варианты действий;

– вырабатывать критерии оценки;

– принимать решения о своих дальнейших действиях и реализовывать принятые решения.

С точки зрения сетевого взаимодействия на всех уровнях управления перспективен рост качества информационного обмена, осведомленности и взаимопонимания между всеми командирами объединенных сил в интересах поддержки принятия решений и координации силовых действий.

Переход от иерархической структуры управления к сетевой требует преодоления как организационных, так и технических препятствий, стоящих на пути повышения качества информационного обмена и синергического применения боевых возможностей силового ведомства. Такое изменение должно быть поддержано гарантией того, что компоненты силового ведомства будут иметь технические возможности по использованию информационных сетей, независимо от их географической или организационной принадлежности. Таким образом, необходимость обеспечения решения оперативных задач силового ведомства требует формирования новых принципов сетевого взаимодействия их элементов, а также способности устанавливать и использовать межуровневые связи с взаимодействующими силами при выполнении боевой задачи.

Однако данный процесс, во-первых, требует высокотехнологической оснащенности объектов управления входящих в состав сети, что, безусловно, требует дорогостоящего телекоммуникационного оборудования и программного обеспечения, а также соответствующего данным технологиям обслуживающего персонала. И для этого необходимо четко понимать для выполнения, каких именно задач предстоит использовать создаваемую сеть, способную обеспечить функционирование ЕИП в заданном масштабе.

Несомненно, именно такие заказчики как силовые ведомства с решаемыми ими задачами государственной важности должны обладать самыми современными технологиями, позволяющими гарантировано и эффективно их выполнять, в противном случае потенциал вероятного противника будет выше, что повлечет за собой поражение в случае ведения противоборства.

Устойчивость системы связи характеризуется способностью обеспечить управление чем-либо при воздействии различных деструктивных факторов, в том числе природного и техногенного характера[4].

2. Угрозы деструктивного воздействия противника на ЕИП.

Даже обладая высокотехнологичным оборудованием формирующим в различных звеньях управления силового ведомства ЕИП необходимо осознавать возможность деструктивного воздействия противникам на системы связи, в том числе построенные по данной концепции.

На канальном уровне (каналы и сети радиосвязи множественного доступа) в случае воздействия противника, вероятно:

– снижение эффективной пропускной способности средств радиосвязи;

– увеличение времени доставки кадров;

– снижение вероятности доступа абонентов в средствам радиосвязи;

– увеличение сообщений, доставленных с ошибками.

На сетевом уровне (сети радиосвязи в составе глобальных сетей связи) в случае воздействия противника, вероятно:

– динамическое изменение топологии сети;

– уменьшение связности сети;

– увеличение вероятности отказа в обслуживании абонента;

– увеличение структурной сложности трафика;

– увеличение времени маршрутизации пакетов в сети.

На транспортном уровне (сети радиосвязи в составе глобальных сетей связи) в случае воздействия противника, вероятно:

– снижение надежности сети;

– снижение быстродействия сети;

– снижение оперативности сети;

– снижение вероятности обеспечения заданного качества обслуживания для передаваемого трафика.

Именно учет данных факторов возможного деструктивного воздействия противоборствующей стороны позволит заблаговременно спрогнозировать снижение эффективности управления (а в конечном итоге и успешность действий), своевременно и пропорционально отреагировать на изменения в складывающейся обстановке.

Заключение

Таким образом, основной задачей построения и применения единого информационного пространства в силовом ведомстве —

предоставить альтернативный вариант межвидового взаимодействия на основе ЕИП, используя не только вертикаль иерархических связей меду должностными лицами, но и горизонтальные связи. Взаимное распределение и обработка информации в ЕИП приведет к разработке новых и усовершенствованных организационных принципов управления. Вооруженные силы, функционирующие в информационной среде, по мере выполнения задачи или при динамичном изменении оперативной среды будет изменять доступ к объектам информационного пространства в соответствии с изменением ролей и задач, выполняемых подразделениями. Способность силового ведомства своевременно реагировать при решении поставленных будет являться значительным преимуществом их функционирования в спроектированной и сконструированной среде. Данное преимущество станет результатом того, что будут сняты ограничения на пути информационных потоков, что увеличит прозрачность информации и соединит подразделения объединенных сил в ЕИП.

Литература

1. Антонович П.И., Макаренко С.И., Михайлов Р.Л., Ушанев К.В. Перспективные способы деструктивного воздействия на системы военного управления в едином информационном пространстве // Вестник академии военных наук. – 2014. – №3 (48). – С. 93-101.

2. Грудинин И.В., Майбуров Д.Г., Какаев В.В. Содержание и структура категорий теории управления межвидовой группировки войск (сил) при отражении ударов СВКН противника // Военная мысль. – 2019. – №10 – С. 88-96.

3. Макаренко И.С. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетецентрических война начала XXI века. – Санкт - Петербург : Наукоемкие технологии, 2017. – 546 с.

4. Боговик А.В., Игнатов В.В. Теория управления в системах военного назначения: Учебник./ А.В. Боговик, В.В. Игнатов – СПб.: ВАС. 2008.– 460 с.

Формулировка квазистатических задач подземных трубопроводов при сейсмическом воздействии

Д. А. Бекмирзаев, email: diyorbek_84@mail.ru [1]
Р. У. Кышанов, email: kishanov@mail.ru [1]
Н. Ш. Мансурова, email: mansurovan@mail.ru [2]

[1] Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз
[2] Наманганский инженерно строительный институт

Аннотация. *В данной работе рассматриваются задачи подземных трубопроводов при сейсмическом воздействии. Построен алгоритм расчета, используя метод конечных разностей, созданы комплексных прикладных программ на основе разработанных алгоритмов и их отладка.*

Ключевые слова: *сейсмодинамика, квазистатика, подземные трубопроводы, сила инерция, взаимодействие в системе «трубопровод – грунт», метод конечных разностей*

Введение

Постановка и решение инженерных задач связана с идеализацией реальных процессов и явлений, поскольку учесть все факторы, оказывающие хоть в какой-то мере влияние на течение процесса, невозможно. Поэтому при постановке задач выделяется ряд параметров, играющих определяющую роль в данных условиях работы. При решении прикладных задач сейсмостойкости подземных конструкций существенное значение имеет вопрос о характере и величине усилий, возникающих на контакте поверхности конструкции с окружающей средой, при наличии относительных перемещений [1-3]. Характер самого сейсмического движения грунта в окрестности сооружения предполагается заранее известным. Таким образом, под взаимодействием подразумевается характер и величина силы трения, действующей на контактирующей с грунтом поверхности сооружения при наличии относительных перемещений, вызванных при действии сейсмической нагрузки разницей в их физико-механических свойствах. В сейсмодинамической теории подземных сооружений исследования, по проблеме взаимодействия «подземное сооружение-грунт» выходят на первый план. В связи с этим разрабатываются различные законы взаимодействия сооружения с грунтом, учитывающие параметры,

© Бекмирзаев Д. А., Кышанов Р. У., Мансурова Н. Ш., 2020

характеризующие процесс контактного взаимодействия твердых деформируемых тел с грунтом [2].

1. Постановка задачи

В работах [4-7] уравнение продольного движения подземного трубопровода при упругом законе взаимодействия его с грунтом записывается в виде

$$-\rho F\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}+EF\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}-\pi D_H k_x\left(u-u_0\right)=0, \quad (1)$$

где E, F и D_H – модуль упругости материала трубопровода, площадь его поперечного сечения и наружный диаметр трубы соответственно; k_x – коэффициент продольного взаимодействия трубы с грунтом; ρ – плотность; u_0 – закон движения грунта вдоль продольной оси трубопровода. Позже аналогичные подходы для исследования сейсмостойкости протяженных подземных трубопроводов из различных материалов и условий взаимодействия с грунтом были предложены в работах зарубежных исследователей, которые подробно приведены в [1-3, 7].

Уравнение (1) решается при следующих начальных и граничных условиях

$$u(x,0)=\dot{u}(x,0)=0, \quad (2)$$

$$\left.\begin{aligned} u(0,t)&=0\\ u(l,t)&=0\end{aligned}\right\}, \quad (3)$$

$$\left.\begin{aligned} u(0,t)&=0\\ EF\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l}&=0\end{aligned}\right\}, \quad (4)$$

$$\left.\begin{aligned} EF\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=0}&=k_N u\\ EF\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l}&=0\end{aligned}\right\}, \quad (5)$$

$$\left.\begin{aligned} EF\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=0}&=k_N u\\ EF\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l}&=-k_N u\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Некоторые авторы [4-7] решают динамическое уравнение (1), пренебрегая эффектом силы инерции, которое принимает вид

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}-p^2\left(u-u_0\right)=0, \quad (7)$$

где $p=\sqrt{\dfrac{\pi D_H k_x}{EF}}$.

Приближенные решения дифференциальных уравнений типа (7).

Вводим безразмерные параметры

$$\bar{x}=x/l,\ \bar{u}=u/a_0. \quad (8)$$

С учетом введенных безразмерных параметров уравнение (7) запишется в виде

$$\frac{a_0}{l^2}\frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial \overline{x}^2} - p^2 a_0 \overline{u} = -p^2 a_0 \overline{u}_0 \quad . \tag{9}$$

Разделив уравнение (9) на $\frac{a_0}{l^2}$, получим следующее уравнение:

$$\frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial \overline{x}^2} + B\overline{u} = B\overline{u}_0 \quad , \tag{10}$$

где $B = -p^2 l^2$.

Уравнение (10) решается методом конечных разностей второго порядка точности

$$\frac{1}{h^2}\left(\overline{u}_{i+1} - 2\overline{u}_i + \overline{u}_{i-1}\right) + B\overline{u}_i = B\sin\omega t \quad . \tag{11}$$

Приведем подобные слагаемые

$$\overline{u}_{i+1} - \left(2 - h^2 B\right)\overline{u}_i + \overline{u}_{i-1} = h^2 B \sin\omega t \quad . \tag{12}$$

Рассмотрим следующие граничные условия, учитывая введенные безразмерные параметры (8)

$$\overline{u}\big|_{\overline{x}=0} = 0,\ \overline{u}\big|_{\overline{x}=l} = 0. \tag{13}$$

Решая уравнение (12) методом прогонки, получаем

$$\overline{u}_{i+1} = \left(2 - h^2 B\right)\overline{u}_i - \overline{u}_{i-1} + h^2 B \sin\omega t \quad . \tag{14}$$

При $i = 1$ с учетом граничного условия $\overline{u}_0 = 0$ уравнение (14) получает вид

$$\overline{u}_2 = \left(2 - h^2 B\right)\overline{u}_1 + h^2 B \sin\omega t,\ \overline{u}_1 = \left(2 - h^2 B\right)^{-1}\left[\overline{u}_2 - h^2 B \sin\omega t\right], \tag{15}$$

$$\overline{u}_1 = \alpha_2 \overline{u}_2 + \beta_2 \quad . \tag{16}$$

Здесь $\alpha_2 = \left(2 - h^2 B\right)^{-1};\ \beta_2 = \left[-\alpha_2 h^2 B \sin\omega t\right]$.

При $i = 2$

$$\begin{aligned}
&\overline{u}_3 = \left(2 - h^2 B\right)\overline{u}_2 - \overline{u}_1 + h^2 B \sin\omega t, \\
&\overline{u}_3 = \left(2 - h^2 B\right)\overline{u}_2 - \left(\alpha_2 \overline{u}_2 + \beta_2\right) + h^2 B \sin\omega t, \\
&\overline{u}_3 - \left(2 - h^2 B - \alpha_2\right)\overline{u}_2 + \beta_2 = h^2 B \sin\omega t, \\
&\overline{u}_2 = \left(2 - h^2 B - \alpha_2\right)^{-1}\left(\overline{u}_3 + \beta_2 + h^2 B \sin\omega t\right),
\end{aligned} \tag{17}$$

$$\overline{u}_2 = \alpha_3 \overline{u}_3 + \beta_3 , \tag{18}$$

здесь $\alpha_3 = \left(2 - h^2 B - \alpha_2\right)^{-1}$; $\beta_3 = \left[\alpha_3\left(\beta_2 + h^2 B \sin \omega t\right)\right]$

$$\overline{u}_i = \alpha_{i+1}\overline{u}_{i+1} + \beta_{i+1}. \tag{19}$$

При $i = N - 1$

$$\left(2 - h^2 B\right)\overline{u}_{N-1} - \overline{u}_{N-2} + h^2 B \sin \omega t = 0. \tag{20}$$

Приведем подобные слагаемые

$$\overline{u}_{N-1} = \left(2 - h^2 B\right)^{-1}\left[\overline{u}_{N-2} - h^2 B \sin \omega t\right],$$

$$\beta_N = \left(2 - h^2 B - \alpha_{N-1}\right)^{-1}\left[\beta_{N-1} - h^2 B \sin \omega t\right],\ \overline{u}_{N-1} = \beta_N.$$

Для решения системы алгебраических уравнений

$$\overline{u}_1 = \alpha_2\overline{u}_2 + \beta_2,\ \overline{u}_i = \alpha_{i+1}\overline{u}_{i+1} + \beta_{i+1},$$

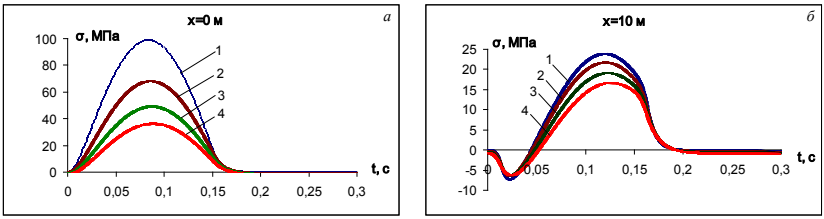
$$\overline{u}_{N-2} = \alpha_{N-1}\overline{u}_{N-1} + \beta_{N-1},\ \overline{u}_{N-1} = \beta_N,$$

используем метод обратной прогонки.

На основе разработанных алгоритмов рассмотрим следующие конкретные задачи. Рассмотрим случай, когда один конец подземного трубопровода податливо закреплен, а второй свободный. Механические и геометрические параметры выбираем в следующем виде: E=2·10^5 МПа; ρ=7.8·10^3 кг/м^3; k_x=2·10^4 кН/м^3; l=100 м; ω=2π/T; a_0=0.004 м; T=0.3; C_p=800 м/с; K_N=29·10^4 кН/м. В качестве закона движения грунтах выбрано импульсивное воздействие, представленное в виде (21)

$$u_0(x,t) = \begin{cases} a_0 \sin \omega\left(t - x/C_p\right), & при\ \ t > x/C_p \text{ и } \ t > T/2, \\ 0, & при\ \ t < x/C_p \text{ и } \ t < T/2. \end{cases} \tag{21}$$

Результаты решения задачи приведены в виде графиков, анализ которых позволил проследить изменения перемещений и нормальных напряжений подземного трубопровода в зависимости от различных геометрических соотношений.



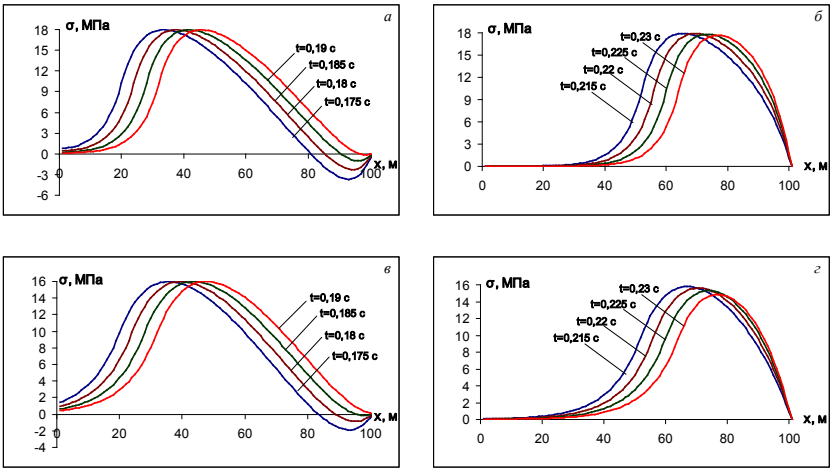
1–D_H=0.2 м, D_B=0.192 м, δ=0.004; 2–D_H=0.3 м, D_B=0.288 м, δ=0.006; 3–D_H=0.4 м, D_B=0.384 м, δ=0.008; 4–D_H=0.5 м, D_B=0.48 м, δ=0.01.

Рис. 1. Изменение нормального напряжения (*а, б*) трубопровода по времени при импульсивном воздействии

Из рисунков 1, *а-б* видно, что при выполнении условия $t>T/2$ нагрузка задается в виде полуволны, что влияет на значения напряжений, возникающих в подземных трубопроводах, в противном случае нагрузка отсутствует и трубопровод совершает свободные колебания.

На рисунке приведены графики изменения нормальных напряжений при разных значениях диаметра трубопровода. Их анализ показал, что с увеличением диаметра трубопровода повышается сейсмостойкость последних.

На рисунке 2 приведены графики изменения нормального напряжения вдоль оси трубопровода в заданные моменты времени, что позволяет наблюдать распространение волны в подземном трубопроводе в исследуемом интервале времени. Из рисунка б видно, что действие волны наблюдается в сечении трубопровода x=35 м при диаметре трубопровода D_H=0.2 м, а на рисунке *г* – в сечении трубопровода x=15 м при D_H=0.5 м. Таким образом, чем больше диаметр трубопровода, тем раньше наблюдается действие волны на трубопровод.



а, б–D_H=0.2 м, D_B=0.192 м, δ=0.004; в, г–D_H=0.5 м, D_B=0.48 м, δ=0.01.

Рис. 2. Изменение нормального напряжения вдоль трубопровода при фиксированных значениях времени

Заключение

Выявлено, что сила инерции не всегда оказывает одинаковое влияние на динамику системы подземных сооружений. Только в отдельных случаях квазистатическая постановка позволяет получить удовлетворительные результаты.

Из полученных результатов видно, что преимуществом квазистатических методов по сравнению от динамических, является относительная простота расчета на динамическое воздействие, а также то, что НДС трубопровода (перемещение, напряжение) определяется посредством статического расчета. Это дает возможность определять поведение трубопровода на динамическую нагрузку с использованием простейших конечно-разностных программ, которые не позволяют производить строгий динамический анализ.

Литература

1. T.R. Rashidov, D.A. Bekmirzaev. Seismodynamics of Pipelines Interacting with Soil // Soil Mechanics and Foundation Engineering. New York. July 2015, Vol. 52, Issue 3, pp. 149-154.

2. T.R. Rashidov, T. Yuldashev, D.A. Bekmirzaev. Seismodynamics of underground pipelines with arbitrary direction of seismic loading // Soil

Mechanics and Foundation Engineering. Vol. 55. New York. 2018. Pp. 243-248.

3. D.A. Bekmirzaev, T.R. Rashidov. Mathematical Simulation and Solution of the Problem of Seismo–Dynamics of Underground Pipelines // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 2015. Issue 8. Pp. 1046-1055.

4. M.J. O'Rourke, X. Liu. Response of Buried Pipelines Subject to Earthquake Effects. – University at Buffalo, 1999. – 249 p.

5. D.A. Bekmirzaev. The influence of inertia forces in problems of underground pipelines under seismic effects //Uzbek journal "Problems of mechanics". - Tashkent, 2018.- No.2.- P.7-10.

6. Virginia Corrado, Berardino D'Acunto, Nicola Fontana, Maurizio Giugni. Inertial Effects on Finite Length Pipe Seismic Response // Mathematical Problems in Engineering. – Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2012. 2012. – Article ID 824578, doi:10.1155/2012/824578.

7. D.A. Bekmirzaev, R.U. Kishanov. Assessment of the Effect of Inertia Forces in Problems of Underground Pipeline Seismodynamics // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2020, Vol. 9, Issue 3, pp. 500-503.

Напряженно – деформированное состояние квазистатических задач подземных трубопроводов с учетом вязкоупругого взаимодействия при сейсмических воздействиях

Д. А. Бекмирзаев, email: diyorbek_84@mail.ru [1]
Н. Ш. Мансурова, email: mansurovan@mail.ru [2]
С. Б. Махаммадиев[1]

[1] Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз
[2] Наманганский инженерно строительный институт

Аннотация. *В данной работе рассматриваются исследования по оценке степени воздействия сил инерции при решении конкретных задач сейсмодинамики подземных систем жизнеобеспечения с учетом вязкоупругих взаимодействий в системе «труба-грунт». Построен алгоритм расчета, используя метод конечных разностей, созданы комплексных прикладных программ на основе разработанных алгоритмов и их отладка.*

Ключевые слова: *сейсмодинамика, квазистатика, подземные трубопроводы, сила инерция, взаимодействие в системе «трубопровод – грунт», метод конечных разностей*

Введение

Землетрясения вызывают внезапные крупные подвижки земли на опасных участках, представляющих собой разломы земной коры. Ученым хорошо известны районы, где с наибольшей вероятностью могут произойти такие процессы. Но никто не может предсказать даже по таким районам, когда и где именно произойдет очередное крупное землетрясение [1].

Основные сейсмические опасности, которые оказывают непосредственное воздействие на трубопровод, связаны либо с воздействием сейсмических волн, либо со смещениями грунта. Смещения грунта могут быть следствием разломов либо оползневых явлений и оказывают более существенное воздействие на трубопроводы, чем сейсмические волны [1].

Поэтому оценка напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов при землетрясениях является актуальной и решение задач сейсмодинамики подземных трубопроводов с учетом вязкоупругого взаимодействия их с окружающей средой служит определению возможной сейсмической опасности.

© Бекмирзаев Д. А., Мансурова Н. Ш., Махаммадиев С. Б., 2020

В прошлом, сейсмическому проектированию заглубленных сооружений уделялось значительно меньше внимания, чем наземным. Приведенные исследования статьи заключаются в разработке методологии расчета линейных протяженных сооружений с учетом вязкоупругого взаимодействия при сейсмических воздействиях [2-6].

1. Постановка задачи

В работах [2-3, 7-8] уравнение продольного движения подземного трубопровода при вязкоупругом законе взаимодействия его с грунтом предложено в виде

$$-\rho F\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}+EF\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}-\pi D_H\left[k_x\left(u-u_0\right)+\mu\left(\frac{\partial u}{\partial t}-\frac{\partial u_0}{\partial t}\right)\right]=0, \qquad (1)$$

где E, F и D_H – модуль упругости материала трубопровода, площадь его поперечного сечения и наружный диаметр трубы соответственно; k_x – коэффициент продольного взаимодействия трубы с грунтом; μ – коэффициент вязкоупругого взаимодействия в системе «труба-грунт»; ρ – плотность; u_0 – закон движения грунта вдоль продольной оси трубопровода.

Покажем, что в ряде случаев с достаточной точностью можно упростить решение задачи сейсмодинамики подземных трубопроводов. Для этого уравнение (1) запишем в виде

$$\frac{\partial^2(\tilde{u}+u_0)}{\partial t^2}=a_T^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}-b^2\left(u-u_0\right)-b_1^2\left(\frac{\partial u}{\partial t}-\frac{\partial u_0}{\partial t}\right), \qquad (2)$$

где $\tilde{u}$ – перемещение трубопровода относительно грунта; $b^2=\pi D_H k_x/\rho F$; $b_1^2=\pi D_H\mu/\rho F$.

Для оценки влияния инерционной силы $\frac{\partial^2\tilde{u}}{\partial t^2}$ рассмотрим вместо (1) решение следующего уравнения

$$a_T^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}-b^2\left(u-u_0\right)-b_1^2\left(\frac{\partial u}{\partial t}-\frac{\partial u_0}{\partial t}\right)=\frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2}, \qquad (3)$$

Уравнение (3) решается методом конечных разностей второго порядка точности.

На основе разработанных алгоритмов рассмотрим следующие конкретные задачи. В случае, когда механические геометрические параметры выбраны в следующем виде: E=2·10^5 МПа; ρ=7.8·10^3 кг/м^3; D_H=0.5 м; D_B=0.49 м; l=100 м; $u_0(x,t)=a_0\cdot\sin\omega(t\text{-}x/C_p)$; C_p=1000 м/с; a_0=0.004 м; $\omega=2\pi/T$; T=0.3 с; k_x=1.5·104 кН/м^3; K_N=29·10^4 кН/м.

Проанализируем полученные результаты. Результаты решения задачи представляются в виде графиков.

На рисунке 1 приводятся изменения значения продольного перемещения по времени (*а*, *б*) и вдоль оси трубопровода при фиксированном времени (*в*, *г*, *д*, *е*). Коэффициент вязкоупругого взаимодействия в системе «труба-грунт» равен μ=300 кНс/м^3.

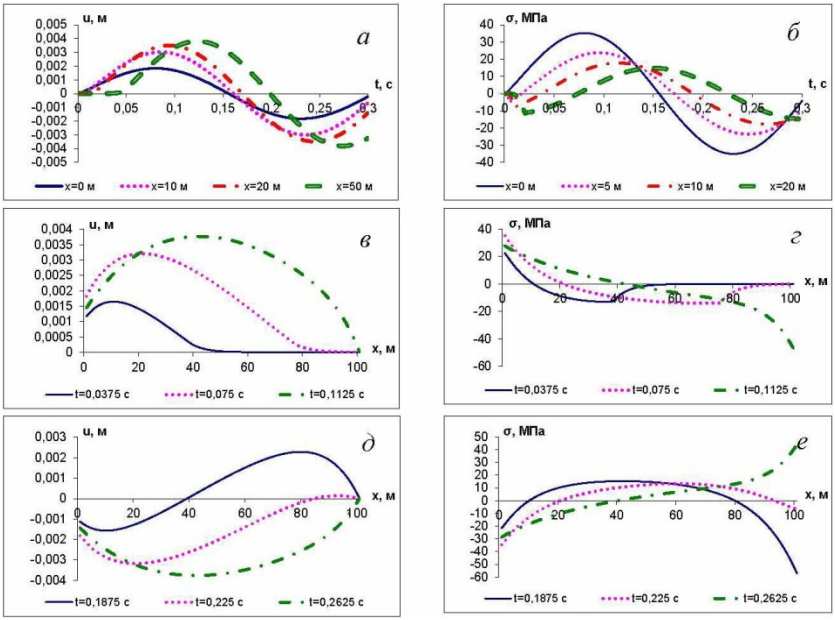


Рис. 1. Изменения продольного перемещения (*а*) и нормального напряжения (*б*) по времени и координате (*в*, *г*, *д*, *е*) при фиксированном времени (μ=300 кНс/м^3)

Сравниваем полученные результаты в динамических и квазистатических задачах.

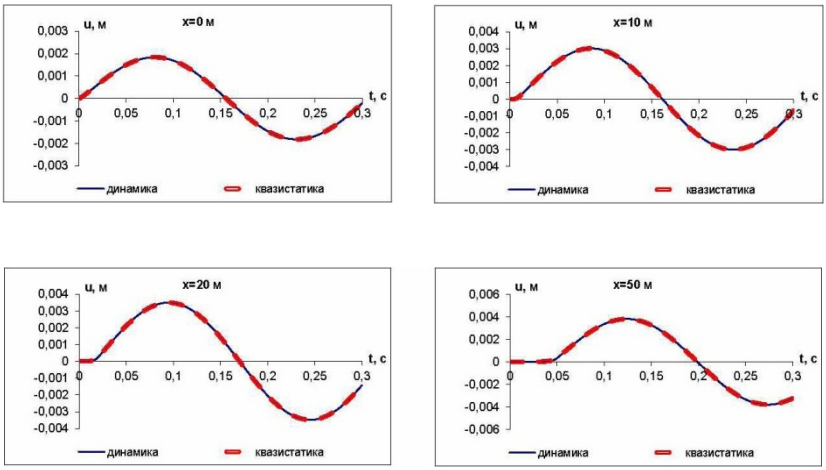


Рис. 2. Изменение значений продольного перемещения по времени при заданных сечениях трубопровода с учетом вязкоупругого взаимодействия «труба-грунт»

На рисунке 2 приводятся сравнения решений дифференциальных уравнений (1) с учетом силы инерции и (3) без учета силы инерции. Из графиков видно, что максимальные значения и формы кривых совпадают (см. рисунок 2).

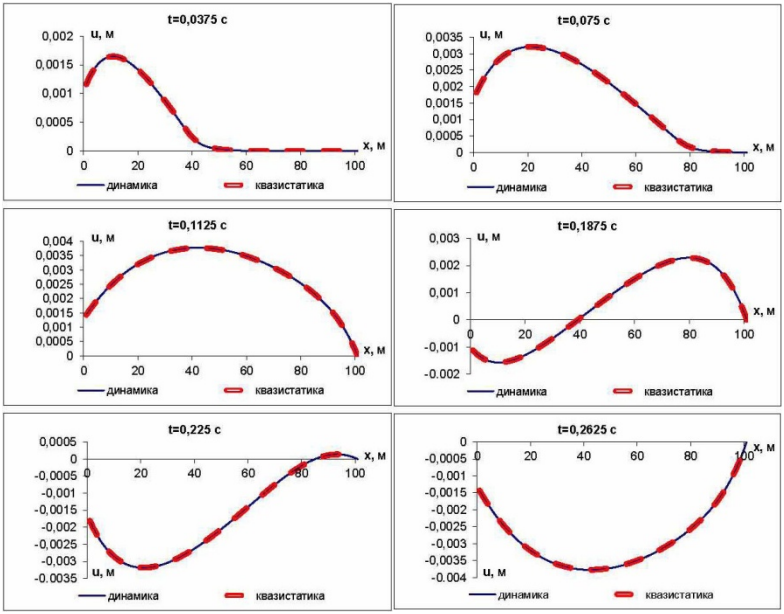


Рис. 3. Изменение значений продольного перемещения вдоль оси трубопровода при фиксированном значении времени с учетом вязкоупругого взаимодействия «труба-грунт»

На рисунке 3 приведено изменение значений продольного динамического и квазистатического перемещения вдоль оси трубопровода при фиксированном значении времени с учетом вязкоупругого взаимодействия «труба-грунт».

Заключение

Теоретически обоснована возможность рассмотрения задач сейсмодинамики подземных сооружений в квазистатической и статической постановке. Приведены методики решения уравнений колебаний подземных трубопроводов с учетом упругих и вязкоупругих взаимодействий в системе «труба-грунт» при сейсмических воздействиях – сейсмодинамический и квазистатический методы.

Проведенные вычислительно-экспериментальные исследования решают проблемы оценки напряженно-деформируемого состояния трубопроводов при сейсмических нагружениях, что важно для практических расчетов.

В рассмотренных примерах разница между результатами упругих и вязкоупругих решений в напряжениях составляет 10 – 20%.

Учет вязкости грунта увеличивает обмен энергией между грунтом и подземным трубопроводом. В квазистатических (динамических) задачах взаимодействия трубопровода с грунтом коэффициенты упругого и вязкого взаимодействия желательно определить из динамических экспериментов.

Литература

1. Д.Д.Х. Наваррете, Ф.М. Мустафин. Способ прокладки подземных трубопроводов в сейсмических районах // Нефтегазовое дело. 2011, том 9, № 2. С. 34-37.
2. T.R. Rashidov, D.A. Bekmirzaev. Seismodynamics of Pipelines Interacting with Soil // Soil Mechanics and Foundation Engineering. New York. July 2015, Vol. 52, Issue 3, pp. 149-154.
3. T.R. Rashidov, T. Yuldashev, D.A. Bekmirzaev. Seismodynamics of underground pipelines with arbitrary direction of seismic loading // Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. 55. New York. 2018. Pp. 243-248.
4. D.A. Bekmirzaev, T.R. Rashidov. Mathematical Simulation and Solution of the Problem of Seismo–Dynamics of Underground Pipelines // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 2015. Issue 8. Pp. 1046-1055.
5. M.J. O'Rourke, X. Liu. Response of Buried Pipelines Subject to Earthquake Effects. – University at Buffalo, 1999. – 249 p.
6. D.A. Bekmirzaev. The influence of inertia forces in problems of underground pipelines under seismic effects //Uzbek journal "Problems of mechanics". - Tashkent, 2018.- No.2.- P.7-10.
7. Virginia Corrado, Berardino D'Acunto, Nicola Fontana, Maurizio Giugni. Inertial Effects on Finite Length Pipe Seismic Response // Mathematical Problems in Engineering. – Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2012. 2012. – Article ID 824578, doi:10.1155/2012/824578.
8. D.A. Bekmirzaev, R.U. Kishanov. Assessment of the Effect of Inertia Forces in Problems of Underground Pipeline Seismodynamics // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2020, Vol. 9, Issue 3, pp. 500-503.

Планирования производства на основе мультиагентного подхода

И. О. Букин, email: bukin@yandex.ru [1]
А. В. Бредихин, email: bredihin_av@dmsolution.ru [1]

[1] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы управления ресурсами машиностроительного предприятия с использованием мультиагентного подхода. Предложен подход к проведению тестирования программного комплекса МАС.*

Ключевые слова: *Планирование, многоагентная система, мультиагентная система, программный агент.*

Введение

Внедрение новых цифровых технологий позволяет повысить эффективность производственных процессов. В данной статье мы рассмотрим мультиагентную технологию в задачах управления ресурсами предприятия. Вопрос об эффективности ее внедрения на предприятии требует отдельного рассмотрения, так как на данный момент не известны примеры ее использования в данном контексте.

Рассмотрим подход мультиагентной системы к управлению техническими процессами на производстве. В первую очередь, стоит отметить, что мультиагентная система представляет из себя интеллектуальное программное обеспечение. В следствии обработки большего объема данных и высокой скорости вычислений, мультиагентная система может учитывать множество факторов в реальном времени при построении плана выполнения технологических работ. Так, например, система может содержать в себе данные о рисках поломки технологического оборудования, процент его загруженности, текущее состояние. Реализованный функционал адаптивного перепланирования, в случае, если какой-либо производственный процесс был изменен позволяет в режиме реального времени адаптироваться к новым условия производственной среды.

Для тестирования технологии определим условное предприятие, в котором содержится 3 типа технологических оборудования, каждый из которых выполняет свою функцию, а также имеется склад. Определены

© Букин И. О., Бредихин А. В., 2020

тестовые техпроцессы изготовления типовых деталей. Схематично структура мультиагентной системы представлена на рисунке 1.

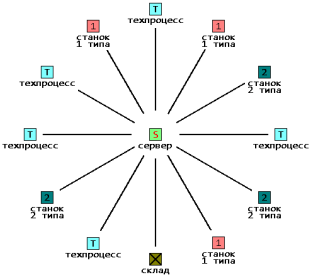


Рис. 1. Схема мультиагентной системы

Каждый техпроцесс представляет собой программного агента в мультиагентной системе, который выполняет следующий план работ:

– забор сырья со склада;
– обработка на станке типа 1;
– обработка на станке типа 2;
– перенос готовой детали на склад.

Каждое общение между агентами начинается со стадии соглашения. Этот процесс подразумевает между собой взаимное сообщение между агентами и соглашением на дальнейшую обработку передаваемых данных. Модель заключения соглашения изображена на рисунке 2.

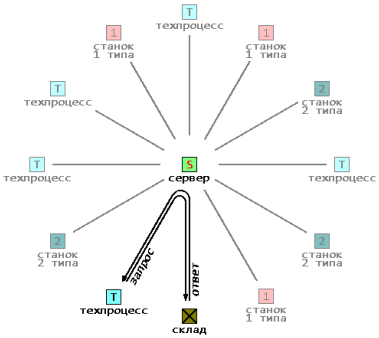
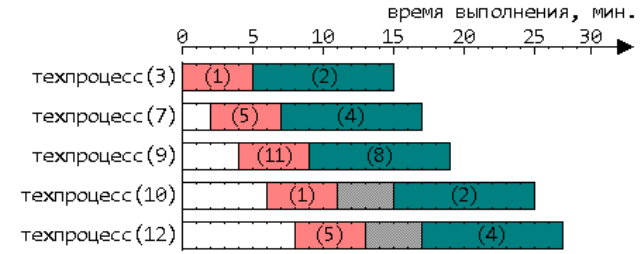
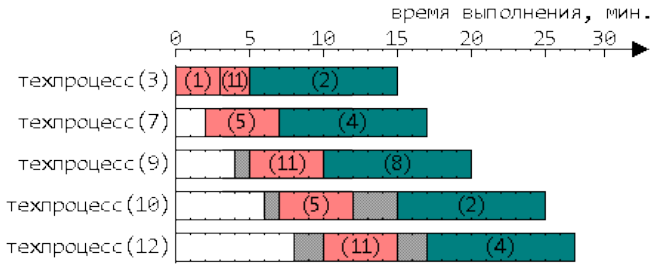


Рис. 2. Заключение соглашения техпроцесса со складом системы

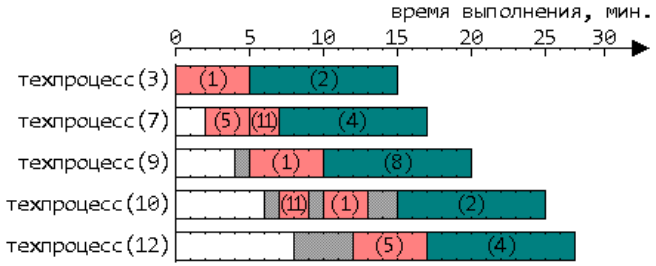
Рассмотрим графически три примера планирования работы техпроцесса на рисунке 3.



а



б



в

а –пример 1, б –пример 2, в –пример 3

Рис. 3. Примеры работы планирования выполнения техпроцесса

Графики показывают гибкость адаптации мультиагентной системы к внешним возмущающим воздействиям производственной среды.

Заключение

Мультиагентный подход позволяет создать высокопроизводительную производственную систему управления технологическими процессами производства, а также обеспечивать адаптивное управление распределения ресурсов в режиме реального времени.

Список литературы

1. Чижов, М. И. Интеллектуальные управляющие программы для обрабатывающих центров под управлением sinumerik 840 //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2. – С. 78-80.
2. Макаров, В. Л. Новый инструментарий в общественных науках-агент-ориентированные модели: общее описание и конкретные примеры //Экономика и управление. – 2009. – №. 12. – С. 13-25.
3. Собенина, О. В. Проектирование интеллектуальных информационных систем.: Учебное пособие/ О.В. Собенина – Воронеж: Воронежский гос. технический ун-т, 2009.
4. Городецкий, В. И. Многоагентные системы: основные свойства и модели координации поведения «Информационные технологии и вычислительные системы.» - 1998. - N1.
5. Килина, А.А. Архитектура системы поддержки принятия и контроля проектных решений.: Вестник Воронежского государственного техн ического университета. 2011. Т. 7. № 12-2. С. 41-44.
6. Пачевский, Д.Е. Методология решения проектных задач с помощью средств вычислительной техники: В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. Под редакцией Тюкачева Н.А.. 2016. С. 381-385.

.

Оптимизация транспортной системы предприятия с применением модифицированных объектов программного средства имитационного моделирования

П.Ю. Гусев, e-mail: pavelgsv@gmail.com
М.И. Чижов, Ю.С. Скрипченко

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Аннотация. *В статье рассматриваются возможности использования API-интерфейса программного средства Tecnomatix Plant Simulation для оптимизации производственной системы. Рассмотрены основные возможности и особенности интерфейса.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, объекты, оптимизация, интерфейс.*

Введение

Большинство научных работников технической сферы в определенной мере связано с различными этапами исследований, разработки и внедрения в производство современных информационных технологий. Такие технологии, прежде всего, призваны обеспечить информационную поддержку всех областей работы производственной системы.

Одной из важнейших задач, решаемых с использованием информационных технологий на предприятиях, является оптимизация работы производственной системы. При этом оптимизация может быть как комплексной, так и решать локальные задачи производственных подразделений. В зависимости от типа задачи для ее решения может использоваться определенный инструментарий, реализованный в программных комплексах. Так, например, для решения задач автоматизации и оптимизации технологической и конструкторской подготовки, используются системы поддержки жизненного цикла изделия.

Для оптимизации непосредственно производственной части предприятия эффективно использование программных комплексов имитационного моделирования. Такие комплексы позволяют создавать имитационную модель подразделения, которая будет с высокой точностью повторять поведение реальной системы. С использованием имитационной модели можно оптимизировать работу

© Гусев П.Ю., Чижов М.И., Скрипченко Ю.С., 2020

производственного подразделения с учетом множества различных критериев.

Одним из наиболее удобных и функциональных комплексов имитационного моделирования предприятия является Tecnomatix Plant Simulation. Наличие множества встроенных объектов и встроенного языка программирования позволяет создавать имитационные модели любой сложности и любого масштаба.

Разработка имитационной модели

В качестве исследуемой производственной системы выступил участок механической обработки. На исследуемом участке обработку проходят детали из двух видов материалов: из титана и из алюминия. При этом детали каждого вида материала делятся на два типоразмера: большие и малые.

Все детали обрабатываются обрабатывающими центрами DMU. Обрабатывающие центры, при этом, имеют разный размер – DMU 80 и DMU 125. Детали большего типоразмера могут обрабатываться только DMU 125, меньшего типоразмера любым обрабатывающим центром. При смене вида материала детали требуется переустановка инструмента. Время выполнения переустановки инструмента зависит от типоразмера детали и длительности обработки.

Транспортная система участка механической обработки представлена транспортной тележкой. Транспортная тележка доставляет заготовки на входной буфер обрабатывающего центра со склада заготовок, а затем увозит готовые детали в сборочный цех. Моделирование сборочного цеха в данной работе не рассматривается, т.к. не ведет к достижению поставленной цели.

Первый этап моделирования исследуемой производственной системы – разработка структуры имитационной модели. Правильно разработанная структура модели позволяет быстро и с минимальной трудоемкостью вносить необходимые уточнения в модель, а также оперативно проводить анализ результатов. В разработанной имитационной модели применена структура иерархического типа. Каждый объект, моделирующий определенный компонент производственной системы имеет свой родительский объект. Это позволяет изменять поведение набора объектов с помощью изменения свойств одного объекта.

Для сбора статистических данных по работе модели на каждый объект, моделирующий обрабатывающий центр предусмотрен объект записывающий историю обработки. На основе этих данных можно сделать выводы, как об эффективности работы моделируемой системы, так и составить производственный план подразделения.

Анализ имитационной модели

Разработанная имитационная модель верифицирована с помощью реальных данных производительности участка механической обработки за месяц. Таким образом, можно утверждать, что результаты, получаемые с помощью имитационной модели, могут использоваться для оптимизации реальной производственной системы.

Проведение анализа имитационной модели ставило следующие задачи:

- оценка загрузки обрабатывающих центров;
- оценка эффективности использования инструмента;
- оценка эффективности использования транспортной системы;
- анализ производственного плана.

Проведенный анализ показал, что имеющегося технологического оборудования достаточно для выполнения текущего производственного плана, а также для выполнения перспективного производственного плана. Однако, при этом, загрузка оборудования в течение планового периода значительно изменялась. Это связано, прежде всего, с неправильным использованием транспортной системы. Учитывая наличие одной транспортной тележки, могут возникать простои, связанные с ожиданием заготовок.

В разработанной имитационной модели управление транспортной системы смоделировано точно в соответствии с реальной системой. Это позволяет проводить эксперименты, результаты которых могут использоваться для оптимизации реальной производственной системы.

Оптимизация транспортной системы производственного подразделения возможна с использованием стандартных средств Plant Simulation. Однако оптимизация одного компонента производственной системы без учета других составляющих не приведет к искомому результату. В первую очередь также требуется оптимизация очереди поступления заготовок. Именно оптимальная очередь поступления заготовок в совокупности с оптимальным расписанием перемещений транспортной тележки позволит увеличить эффективность производственной системы в целом.

Проведенный анализ имитационной модели показал два основных направления оптимизации: уменьшение времени выполнения производственного плана и повышение загрузки оборудования.

Оптимизация транспортной системы производственного подразделения

Ввиду того, что выполнение оптимизации исследуемой производственной системы по двум выделенным направлениям с

использованием стандартных средств Plant Simulation затруднено, решено применить API-интерфейс.

API-интерфейс использует динамическую библиотеку, разработанную с помощью языка программирования C++. Динамическая библиотека подключается к программному комплексу непосредственно в момент имитационного прогона. Поэтому применение API-интерфейса для оптимизации транспортной системы в имитационной модели производственного подразделения приводит к появлению дополнительных задач, которые связаны с многократным запуском имитационной модели в процессе оптимизации.

Для оптимизации транспортной системы в работе применен генетический алгоритм. При запуске оптимизации в динамическую библиотеку передается набор изменяемых параметров, а из библиотеки возвращается начальное поколение генотипов. Далее происходит последовательный запуск имитационных экспериментов с каждым генотипом. В результате имитационных экспериментов составляется массив, содержащий значение функции приспосабливаемости для каждого генотипа. Функция приспосабливаемости в разработанной модели вычисляется на основе средней загрузки всех обрабатывающих центров и общего времени выполнения производственного плана.

По окончании каждой серии имитационных экспериментов данные снова передаются в динамическую библиотеку, где происходят стандартные для генетического алгоритма операции скрещивания и мутации. Одной из особенностей оптимизации исследуемой системы является остановка оптимизации исключительно по достижению заданного количества поколения. Связано это, прежде всего с тем, что заранее невозможно предугадать оптимальное время прохождения производственного плана.

Отдельно следует описать принципы работы API-интерфейса. Plant Simulation предоставляет готовый проект C++, который можно использовать в качестве заготовки будущей динамической библиотеки. Однако в документации отсутствует информация по применению готового проекта. Главной проблемой при разработке динамической библиотеки выступает передача данных. Ввиду того, что типы переменных в языке C++ и встроенном языке Simtalk различаются, то требуется подбор соответствия типов опытным путем.

Удобство использования динамической библиотеки заключается в том, что основные операции по поиску оптимальных значений можно использовать также из других библиотек. Которые, в свою очередь, будут вызываться из разработанной динамической библиотеки.

В результате проведенной оптимизации получено оптимальное расписание перемещений транспортной тележки. Все перемещения привязаны к оптимальному порядку поступления заготовок на участок механической обработки. Полученные данные позволили уменьшить время выполнения производственного плана на 10% и увеличить загрузку оборудования на 15%.

Выводы

Оптимизация производственных систем представляет собой сложную многофакторную задачу, которую не всегда удается решить даже с применением современных программных средств. В таких случаях лучшим решением является разработка своих алгоритмов оптимизации для конкретных задач. Программный комплекс имитационной моделирования позволяет значительно сократить время на разработку модели системы и упрощает проведение экспериментов.

В результате проведенной работы разработаны алгоритмы взаимодействия с динамическими библиотеками и достигнута основная цель работы - повышение эффективности оптимизации элементов производственных подразделений с использованием возможностей API-интерфейса Plant Simulation.

Список литературы

1. Klebanov B. et al. Use of plant simulation for improvement technological and business processes of metallurgical manufacture //Control Conference (CCC), 2016 35th Chinese. – IEEE, 2016. – С. 9681-9684..

2. Malega P., Kadarova J., Kobulnicky J. Improvement of production efficiency of tapered roller bearing by using Plant Simulation //International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM). – 2017. – Т. 16. – №. 4

3. Собенина О.В. Разработка имитационной модели участка механической обработки [Текст] / О.В. Собенина, А.А. Пак // Современные материалы, техника и технологии. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2016. - №4(7). – С. 164-167.

Разработка принципов формирования структуры объектов в имитационных моделях

П.Ю. Гусев, e-mail: pavelgsv@gmail.com
М.И. Чижов, Ю.С. Скрипченко

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Аннотация. *В статье предлагается использование иерархической структуры имитационной модели при исследовании производственных систем. В качестве примера рассмотрено программное средство имитационного моделирования Tecnomatix Plant Simulation.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, объекты, структура, иерархия.*

Введение

Современное производство представляет собой сложную высокотехнологичную систему с множеством потребностей. Особенности современного производства диктуют необходимость принятия точных и оперативных решений. Такие решения не всегда могут быть приняты на основе традиционных аналитических методов. В этом случае применение имитационного моделирования является универсальным средством решения возникающих производственных проблем.

Множество современных программных средств имитационного моделирования позволяют в кратчайшие сроки создавать и анализировать имитационные модели производственных процессов. При этом точность получаемых решений будет всегда выше аналитических методов при одинаковых исходных данных.

Однако не все средства имитационного моделирования одинаково хороши для создания имитационных моделей производственных процессов. Некоторые из них не учитывают особенности производства или не позволяют провести моделирование определенных участков производства. Поэтому выбор средства имитационного моделирования крайне важен. В статье применяется программное средство имитационного моделирования Tecnomatix Plant Simulation. Это программное средство позволяет четко структурировать данные в имитационной модели, что является важной особенностью при оперативном принятии решений. В качестве исходных данных

© Гусев П.Ю., Чижов М.И., Скрипченко Ю.С., 2020

имитационной модели выступили технологические процессы производства трех деталей.

Проектирование структуры имитационной модели

Первоочередной задачей при проектировании имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation является разработка структуры модели. Правильно построенная структура позволяет легко управлять имитационной моделью и вносить изменения в кратчайшие сроки. При этом внесение изменений, не будет вызывать необходимость перестройки и переналадки имитационной модели.

Для каждого объекта, который будет использован в имитационной модели, создается свой родительский объект. Этот объект, при необходимости, позволяет изменять свойство одновременно у всех дочерних объектов. Такой подход является актуальным в условиях современных производств. Производственная программа изготовления деталей может поменяться в течение планового периода и, в таком случае, имитационная модель будет служить надежным инструментом производственного планирования. Иерархия объектов позволит внести изменения параметров только в родительский объект, а все остальные объекты перестроятся под эти изменения.

Моделирование оборудования решено производить на основе объектов SingleProc. Этот объект позволяет учесть все особенности оборудования, применяемого при обработке деталей. Наличие большого количества настроек также повышает гибкость созданной имитационной модели. Также характерной особенностью объекта, имитирующего оборудование, выступает возможность задания пользовательских атрибутов. Это позволит проводить контроль над перемещением конкретных деталей по имитации производства.

Еще одним очевидным преимуществом применения иерархической схемы построения имитационных моделей в Tecnomatix Plant Simulation является возможность отслеживания состояния порождаемых объектов. Для этого достаточно открыть окно наследования и просмотреть все объекты, которые зависят от базового объекта.

На рисунке 1 представлено окно наследования объектов от родительского объекта. При этом первый уровень вложенности показывает объекты, которые не находятся непосредственно в рабочей области. Это объекты, которые моделируют либо какое-то конкретное оборудование, либо являются родительскими объектов для объединенных типов оборудования.

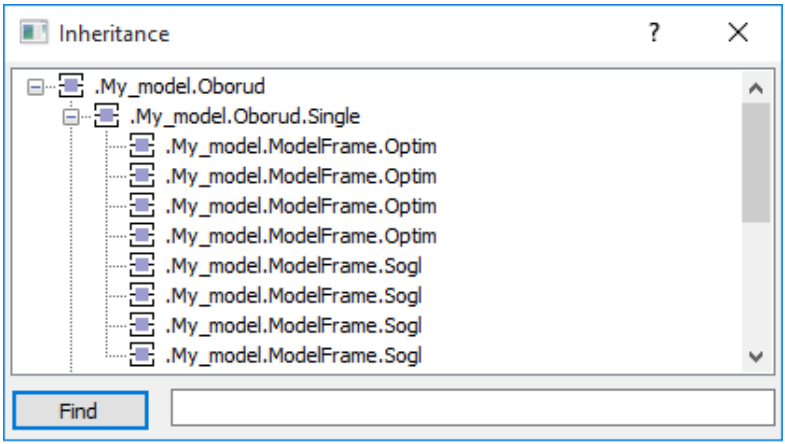


Рис. 1. Окно наследуемых объектов

В рассматриваемой имитационной модели также создан родительский объект для поступления имитаций деталей. Он является объектом Source раздела MaterialFlow программного средства Tecnomatix Plant Simulation. Создание родительского объекта для поступления имитаций деталей в модель необходимо ввиду того, что в рассматриваемой модели имитируется обработка трех различных деталей. При этом каждая из деталей обрабатывается на своей поточной линии.

Объект поступления имитаций деталей в модель содержит ряд наследуемых параметров и ряд параметров, переопределяемых потомками. К наследуемым параметрам относятся:

- тип создания имитаций деталей;
- тип выбора имитации детали;
- отказы в поступлении деталей (имитируют проблемы с поступлением заготовок)
- программные методы;
- выходная стратегия.

При этом особенности некоторых из наследуемых параметров позволяют вносить изменения в эти параметры. Так, например, параметр «тип создания имитаций деталей» устанавливается как «создание количества деталей». При этом само количество деталей и время между поступлениями соседних деталей определяют уже наследники родительского объекта. Поэтому в рассматриваемой имитационной модели создано 3 наследника родительского объекта

поступления имитаций деталей. Каждый из этих наследников определяет свои не наследуемые параметры:

– объект, имитирующий деталь;
– количество создаваемых имитаций деталей;
– время между созданиями имитаций деталей;
– уточненные параметры отказов.

На рисунке 2 представлено окно наследования объектов от родительского объекта поступления имитаций деталей.

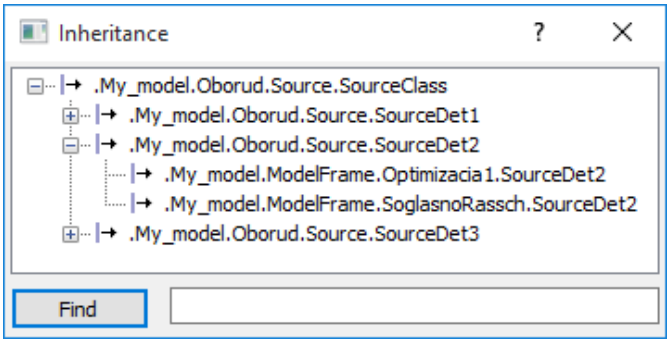


Рис. 2. Окно наследования объекта поступления

Следует также отметить, что окно наследования объектов показывает объекты во всех частях имитационной модели. Как видно из рисунка 2 SourceDet2 присутствует как в части программы под названием «Optimizacia1», а также в части программы под названием «SoglasnoRassch». При этом обращаясь к конкретному объекту в какой-либо части имитационной модели можно получить информацию о его родительском объекте любого уровня. Это особенно важно при программном выборе времени поступления имитации детали или обработки детали.

Одним из важнейших объектов программного средства Tecnomatix Plant Simulation при разработке имитационных моделей является таблица. С помощью таблицы возможно:

– автоматически задавать время обработки деталей;
– управлять планом запуска имитаций деталей в модель;
– сводить информацию, получаемую в ходе моделирования, в удобный вид.

Создание родительских объектов для таблиц имеет свои особенности. При этом также необходимо учитывать, что таблицы используемые для определённых операций автоматически

форматируются программных средством. Одной из таких операций, например, является создание таблицы поступления имитаций деталей в модель. При этом, если пользователь внесет какие-либо изменения в формат, имитационное моделирование не запустится.

Однако одной из самых распространенных задач, решаемых с использованием таблиц в Plant Simulation, является задание времени процесса имитации оборудования или внесение технологического процесса в модель. При этом пользователь сам формирует структуру таблицы и определяет тип переменных, записанных в строки и столбцы.

Наиболее сложным этапом формирования структуры таблицы технологического процесса для имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation является выбор способа поиска операции. При этом операции можно размещать как по столбцам, так и по строкам. Конечный выбор способа размещения операций остается за разработчиком модели и основывается на личных предпочтениях и опыте.

В объектах, реализующих представление таблиц в Tecnomatix Plant Simulation, существует 3 типа наследования:

– наследование формата;
– наследование контекста;
– наследование комментариев.

В созданной имитационной модели таблицы применяются для хранения технологических маршрутов и операционного времени. Поэтому таблицы наследуют от родительского объекта формат и комментарии, а контекста заполняется непосредственно в таблицах-потомках.

Необходимость применения наследования таблиц возникла при отладке имитационной модели. Потребовалось помимо указания операционного времени обработки на оборудовании указывать количество оборудования. Применение наследования объектов позволило единовременно добавить новый столбец в родительский объект, а в наследуемых объектах только заполнить соответствующие ячейки.

Еще одна проблема имитационной модели возникла при установке времени обработки деталей. Ввиду сложности материальных потоков перемещений деталей в рассматриваемой модели возникла необходимость написания программного метода выбора времени обработки для каждой детали. Для подключения этого метода к событиям модели достаточно добавить его в родительский объект. При этом все наследуемые объекты автоматически примут метод в качестве наследуемого параметра. Однако необходимо учитывать, что метод

должен быть универсальным и должен иметь возможность применяться к любой имитации детали на любом оборудовании.

На рисунке 3 изображено добавление программного метода в родительский объект.

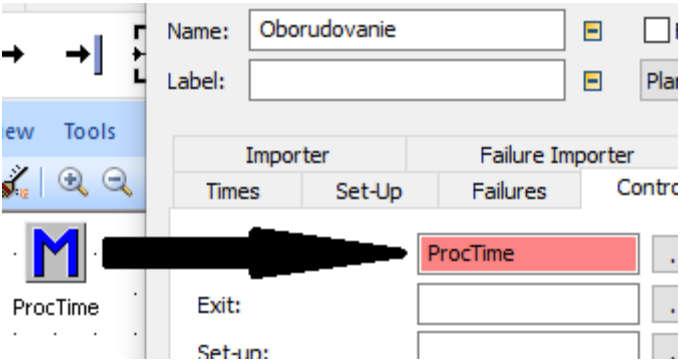


Рис. 3. Добавление программного метода в объект

Заключение

Таким образом, в статье рассмотрена возможность создания иерархической структуры имитационной модели. Такая структура позволила оперативно и с минимальной трудоемкостью вносить изменения в имитационную модель. При этом, изменения затрагивали только те объекты, которые необходимо изменить.

Программное средство имитационного моделирования Tecnomatix Plant Simulation позволило создать иерархическую структуру имитационной модели и может применяться для разработки моделей, используемых структуру объектов с наследованием.

Повышение управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования на основе применения системы поддержки принятия решений

Е. В. Колтаков, email: evgenij.koltakov@mail.ru
М. А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной статье предложены подходы повышения управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования на основе применением системы поддержки принятия решений.*

Ключевые слова: *повышение управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения, система поддержки принятия решения.*

Введение

В современных условиях реализация боевых возможностей авиационного формирования во многом зависит от состояния системы связи и радиотехнического обеспечения (РТО) полетов, а также от способности этой системы изменять свое состояние в заданных пределах при управленческих воздействиях на нее органов управления связью и радиотехническим обеспечением в соответствии с изменениями обстановки.

В настоящее время действия авиации характеризуются высокой динамичностью, значительным пространственным размахом и быстрым изменением обстановки, с другой стороны, оперативность принятия решений, планирования и доведения задач до подчиненных, уровень внедрения и использования средств автоматизации на пунктах управления связью и РТО авиационного формирования, не обеспечивают требуемой управляемости системы связи и РТО.

1. Разработка подхода

Успешное решение системой связи и радиотехнического обеспечения (РТО) авиационного формирования стоящих перед нею

© Колтаков Е. В., Стафеев М. А., 2020

задач возможно, если она будет обладать определенными свойствами. Под свойством системы связи и радиотехнического обеспечения будем понимать одну из характерных ее сторон (признак), которая (который) обусловливает отличие или сходство данной системы с другими системами и проявляется при ее функционировании. Система связи и РТО авиационного формирования должна обладать требуемой боевой готовностью, устойчивостью, мобильностью, пропускной способностью, разведывательной защищенностью, доступностью и управляемостью [1].

Под управляемостью системы связи и РТО понимается способность системы связи и РТО изменять свое состояние в заданных пределах при управленческих воздействиях на нее органов управления связью и радиотехническим обеспечением в соответствии с изменениями обстановки [2].

Состоянием системы связи и РТО авиационного формирования, как результат взаимодействия функции и структуры системы в конкретных условиях является множество существенных свойств, которыми обладает система связи и РТО в данный момент времени [3].

Качество управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования связано с добыванием, обработкой, изучением, обобщением, анализом, оценкой и отображением данных обстановки и состояния системы связи и радиотехнического обеспечения. В существующей системе управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования уровень применения средств автоматизации не в полной мере отвечает современным требованиям. Сбор информации от подчиненных органами управления связью и радиотехническим обеспечением зачастую осуществляется с бумажных носителей, информация переносится в неавтоматизированном режиме, анализ и моделирование развития обстановки по связи и радиотехническому обеспечению осуществляется ограниченно, информационная поддержка принятия решений должностными лицами не осуществляется, что приводит к потере времени. Отсутствие специализированных программно-аппаратных комплексов должностных лиц органов управления связью и радиотехническим обеспечением в значительной мере снижает оперативность управления и обоснованность принимаемых решений на организацию связи и радиотехнического обеспечения.

Повышение управляемости системы связи и РТО должно носить комплексный характер и осуществляться по следующим направлениям:

– сокращение располагаемого времени для решения задач должностными лицами органа управления;

– совершенствование систем и средств получения и обработки данных обстановки;
– уменьшение времени на прием (передачу) информации;
– совершенствование методов работы должностных лиц органов управления;
– внедрение новых технологий и др.

Удовлетворить все вышеизложенные требования возможно с помощью применения систем поддержки принятия решений должностных лиц органов управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования.

Система поддержки и принятия решения (СППР) должностных лиц представляет собой интерактивную информационную систему, которая обеспечивает использование данных и моделей для решения поставленных задач.

Особый интерес к использованию системы поддержки принятия решений должностных лиц органа управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования связан с комплексным подходом использования информации (данных). Разработка и внедрение такой системы позволит значительно оптимизировать процессы, связанные с отслеживанием текущих состояний, и их прогнозированием.

Использование СППР способно значительно повысить качество решения поставленных задач возложенных на должностных лиц органов управления связью и радиотехническим обеспечением, среди которых необходимо выделить основные:

– сбор, изучение и оценку данных обстановки по связи и РТО;
– контроль исполнения поставленных задач;
– контроль за своевременным прохождением информации в частях и подразделениях связи и РТО;
– руководство техническим обеспечением и другие.
– Решению управленческих задач будет способствовать реализация в СППР таких функций как:
– оперативный учет;
– прогнозирование;
– громоздкие вычислительные расчеты;
– выполнение многократной обработки данных и сохранение их результатов во времени;
– математическое моделирование;
– автоматизация учета и управления;
– анализ и описание ожидаемого поведения выбранных показателей с отслеживанием их отклонения;

Реализация вышеперечисленных функций в СППР должностных лиц органа управления связью и радиотехническим обеспечением позволит значительно сократить потребное время выполнения управленческих задач и повысить вероятность их своевременного решения [4].

Система поддержки принятия решений должностных лиц органа управления связью и радиотехнического обеспечения авиационного формирования должна строиться на основе единых организационно-технических принципов, обеспечивающих автоматизированное взаимодействие с АСУ различных звеньев управления и должна представлять собой иерархически – организованную и целенаправленно функционирующую совокупность пунктов управления связью[3].

Автоматизированный информационный обмен между пунктами управления связью должен осуществляться в системе обмена данными сообщениями соответствующих категорий срочности, а для обмена информацией между должностными лицами должна использоваться связь обеспечивающая обмен сведениями с гарантированной стойкостью.

В качестве технической основы системы поддержки принятия решений должностных лиц органа управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования предполагается к использованию комплекс средств цифрового телекоммуникационного оборудования узлов связи, что позволит обеспечить унификацию создаваемой системы с существующей объединенной автоматизированной централизованной системы связи ВС РФ.

Непрерывный процесс обновления и совершенствования техники связи и радиотехнического обеспечения, опыт ее применения обуславливает необходимость разработки новых принципов и способов организации связи и радиотехнического обеспечения. В свою очередь это требует постоянного расширения объема знаний организации связи и радиотехнического обеспечения, необходимых руководящему составу авиационных формирований, умений эффективно применять их. В настоящее время для управлении связью и радиотехническим обеспечением авиации применяться новые средства, обладающие более высокими тактико-техническими возможностями по обеспечению управления.

Выполнение этих требований, уменьшение трудозатрат на планирование связи и РТО возможно при внедрении средств автоматизации, применение, которых значительно сокращает время и трудозатраты должностных лиц на разработку планирующих

документов, уменьшает, а в некоторых случаях исключает ошибки, связанные с изготовлением и размножением документов.

Заключение

Таким образом создание систем поддержки принятия решений позволит значительно сократить время на принятие решения, а так же повысить оперативность управления, что позволит в любых условиях обстановки упредить готовность системы связи, РТО и АСУ к готовности пунктов управления авиационных формирований. Применение системы поддержки принятия решений должностных лиц органа управления связью и радиотехническим обеспечением позволит поднять на новый уровень качество и сроки выполнения поставленных задач, а так же производить передачу (прием) команд и распоряжений в режиме реального времени, отображение всей необходимой графической и текстовой информации о состоянии подчиненных подразделений связи, решение расчетных задач по наиболее эффективному применению средств связи и РТО в ходе выполнения задач, а так же контроль над состоянием системы (средств) связи и радиотехнического обеспечения.

Список литературы

1. Ермишян А.Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: учеб.для слушателей войск связи / А. Г. Ермишян. СПб.: МО, 2005. 740 с.

2. Словарь войск связи Вооруженных сил Российской Федерации / Под общей ред. Е.А. Карпова. Москва: Военное издательство, 2008. 216 с.

3. Колесников Г.М. Прикладные аспекты теории деятельности человека: Монография / Г. М. Колесников. М., 2010. 505 с.

4. Стафеев, М. А. Анализ применения систем поддержки принятия решений должностными лицами органа управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования / М. А. Стафеев, М. А. Игумнов // Техника безопасности объектов уголовно-исполнительной системы : сб. статей по материалам Международной научно-практической межведомственной конф. (Воронеж, 19-20 октября 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 182-183.

Объектно-ориентированная разработка автоматизированного учебного курса в вузе

С.П. Кухаренко, email: serp@rambler.ru
О.Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Д.А. Клюев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается разработка автоматизированного учебного курса программированного обучения в вузе*

Ключевые слова: *автоматизированный учебный курс, обучающая программа*

Введение

В соответствии с постулатами общей теории управления, в любых эргатических системах, в частности циклических замкнутых педагогических системах управления, обязательно присутствует функция систематического сбора информации посредством обратной связи.

Один из краеугольных законов педагогической психологии гласит, что психика проявляется, формируется и развивается только в деятельности. Исходя из этого, обучение определяют как управление познавательной деятельностью обучающихся с целью формирования у них определенных знаний, умений и навыков, развития личностных качеств.

Для реализации этих задач целесообразно разработать автоматизированный учебный курс (АУК), представляющий программно-информационную систему, состоящей из программ для ЭВМ, реализующих сценарии учебной деятельности, и определенным образом подготовленных знаний (структурированной информации и системы упражнений для ее осмысления и закрепления). Отсюда следуют ключевые проблемы проектирования АУК для общепрофессиональных дисциплин: подготовка информационного описания теоретического материала, создание упражнений для активизации процесса усвоения теории, разработка сценариев (алгоритмов управления) для организации эффективной целенаправленной познавательной деятельности обучающихся.

© Кухаренко С.П., Дзюбенко О.Л., Клюев Д.А., 2020

1. Обратная связь в эргатической системе «Преподаватель – Обучающая программа – Обучающийся»

Обратная связь (ОС) в эргатической системе «Преподаватель – Обучающая программа – Обучающийся» представлена двумя видами: внешняя и внутренняя ОС. Внутренняя ОС - это информация, которая поступает от обучающей программы к обучающемуся в ответ на его действия при выполнении упражнений. Она предназначена для самокоррекции обучающимся своей учебной деятельности.

Внутренняя ОС имеет исключительно важное значение для автоматизации процесса обучения, обеспечивая адаптивную последовательность обучения. Внутренняя ОС дает возможность курсанту сделать осознанный вывод об успешности или ошибочности учебной деятельности. Она побуждает обучающегося к рефлексии, является стимулом к самообразованию, помогает оценить и скорректировать результаты учебной деятельности. Различают консультирующую и результативную внутреннюю ОС. Консультация может быть разной: помощь, разъяснение, подсказка, репетиторство и т.п. Результативная ОС также может быть различной: от «верно – неверно» до демонстрации правильного результата или способа действия.

Цель построения адаптивной последовательности обучения как метода адаптации заключается в обеспечении обучающихся наиболее подходящей индивидуально планируемой последовательности для изучения единиц знаний и выполняемых задач. Для реализации метода ставится задача построения оптимальной последовательности изучения УЭ. В компьютерных системах обучения УЭ или объект изучения представляется в виде трех- или четырехуровневой иерархии: курс (учебный предмет), тема, раздел темы, квант учебной информации (УИ), причем уровень разделов для небольших и несложных тем может быть опущен. Квант УИ – это элементарная порция информации: текст изучения некоторого понятия темы (квант-понятие), вопрос, задача, комментарий на ответ, разъяснительный текст и т.п.

В настоящее время при объектно-ориентированном подходе к разработке компьютерных систем обучения широко используется термин «объект изучения» (learning object). Под объектом изучения (ОИ) понимают кванты УИ.

Построение оптимальной последовательности объектов изучения осуществляется на основе модели содержания учебного материала, в качестве которой используется ориентированный граф с нагруженными ребрами (связями). Множество вершин графа (1, 2, …) соответствует объектам изучения (курсам, темам, разделам тем или квантам УИ), а

множество S – связям между ними. При этом возможны следующие степени связи:

– $S1$ – для изучения объекта необходимо иметь общее понятие о другом ОИ;

– $S2$ – при изучении объекта используются частые ссылки на другой ОИ;

– $S3$ – для изучения наиболее сложных (или редко используемых) понятий объекта необходимы знания из области другого ОИ;

– $S4$ – для изучения объекта и практического применения знаний необходимо четкое знание другого ОИ.

Модель усвоения учебного материала представляет логическую последовательность и связи между изучаемыми УЭ. Умения, как навыки в овладении осваиваемыми способами деятельности, характеризуется степенью автоматизации усвоения. Этот показатель требуется для мониторинга процесса обучения общепрофессиональным дисциплинам. Степень автоматизации усвоения измеряется коэффициентом

$$K_t = \frac{t_1}{t_2} \qquad (1)$$

где – время выполнения теста профессионалом; t_2- время выполнения теста обучающимся.

2. Осознанность как показатель качества усвоения.

Осознанность учебной деятельности всегда высоко ценилась преподавателями. Под осознанностью обычно понимают умение обосновать выбор способа действия и его план - ориентировочную основу деятельности.

Различают три степени осознанности: $\gamma = 1, 2, 3$.

$\gamma = 1$ – обучающийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию изучаемой дисциплины.

$\gamma = 2$ – обучающийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию не только изучаемой, но и какой-либо смежной дисциплины.

$\gamma = 3$ – обучающийся обосновывает свой выбор с привлечением информации из различных дисциплин с широким использованием междисциплинарных связей.

3. Сложность учебного материала.

Это понятие относительное. Оно связано с уровнем представления учебного материала β. Если курсант владеет аппаратом изложения материала на данном уровне (например логикой на 2-м уровне, математическим аппаратом - на 3-м), то изложение материала ему не кажется сложным, и наоборот. Так, человек с гуманитарной подготовкой, не владеющий математическим аппаратом, какой бы он ни был «сообразительный», не поймет изложение технической науки на 3-м уровне. Принцип от простого к сложному означает движение в ходе обучения от низшего уровня (β = 1, 2) к высшему (β = 3, 4).

4. Трудность учебного материала.

Это также понятие относительное. Оно связано с уровнями усвоения учебного материала. Чем выше уровень усвоения α, тем выше трудность. При этом важна также преемственность в усвоении. Если обучающийся владеет материалом на первом уровне, то переход к освоению на втором уровне ему труден, но доступен. Если же ставится задача сразу перейти от первого уровня усвоения к третьему, например, после прочтения учебного пособия – к решению нетиповых задач, то это более высокая степень трудности, которая может оказаться недоступной [1]. В процессе обучения в зависимости от выбранного целевого показателя по α необходимо сначала организовать учебную деятельность на уровне α = 1, затем – α = 2 и т.д., как показано на рисунке 1. Именно поэтому в системе КОС предусмотрена следующая последовательность применения различных компонент учебных комплексов: учебное пособие (α = 1), АУК (α = 1 - 2), тренажеры (α = 2 - 4), ППП (α = 2 - 4).

Одной из распространенных педагогических ошибок является ситуация, когда на экзамене (или в проекте КОС) «требовательный» преподаватель хочет, чтобы обучающиеся решали нетиповые задачи лишь по материалам лекционных занятий, не организовав предварительно процесс обучения не только на третьем, но и на втором и первом уровнях усвоения. Особенность в том, что потенциал лекции (α = 1) вовсе не гарантирует усвоение учебного материала на первом уровне [2].

Следует, однако, заметить, что жесткая линейная структура процесса движения от низших α уровней к высшим уровням, не всегда психологически оправдана.

Например, при необходимости овладеть элементами теории решения изобретательских задач рекомендуется на занятиях вводить проблемную ситуацию. По теме «Чтение и деталирование чертежей общего вида» дисциплины компьютерная графика можно предложить

проблему выбора нагружения, характерную для более высокого уровня изучения дисциплины «Сопротивление материалов»: «…Какое нагружение испытывает деталь: растяжение (сжатие), кручение, изгиб?...». Для этой цели достаточно подключить опцию «Simulation» в САПР SolidWorks, используемую на лабораторных занятиях. Обучающийся интуитивно может выбрать схему нагружения из предложенных в САПР [3].

Заключение

Таким образом, обоснованное решение этой проблемы в практических задачах появится позднее, на занятиях по изучению более сложных общепрофессиональных дисциплин, но на занятиях по компьютерной графике такой сценарий может способствовать формированию внутренней мотивации к самостоятельному изучению теоретического материала.

Список литературы

1. Самарин Ю.А. Очерки психологии ума. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962.

2. Беспалько В.П. Основы теории педагогических систем. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977. 303 с.

3. Кухарено С.П. Формирование профессиональных компетенций будущих преподавателей общепрофессиональных дисциплин в военном вузе [Текст] / С.П. Кухарено, О.Л. Дзюбенко – Москва: Изд-во РУСАЙНС, 2018. – 188 [6] – Библиогр: с. 181-186.

Разработка системы распознавания неисправного состояния радиотехнических средств

И.С. Назмутдинов, email: nazmutdinov71@mail.ru
Е.П. Кайдаш

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *Рассмотрена система распознавания определения состояния радиотехнического средства. Для разработки априорного словаря признаков распознавания выбран метод ветвей и границ*

Ключевые слова: *радиотехническое средство, система распознавания, информативный признак, алгоритм, метод ветвей и границ.*

Введение

Известно, что стоимость эксплуатации сложных наукоемких изделий таких как радиотехнические средства (РТС), может превышать стоимость их приобретения. Особенно велики потери при неправильной эксплуатации данной техники (отказ от применения по назначению работоспособного объекта или применение неработоспособного объекта по назначению). Поэтому своевременная диагностика состояния объекта и обоснованные рекомендации по его применению (обслуживанию, ремонту) являются актуальными.

Практика показывает, что в настоящее время для получения информации о техническом состоянии РТС используются автоматизированные системы контроля и диагностики, которые обеспечивают контроль параметров в допустимом диапазоне. Однако данный подход не позволяет выявить предотказовые ситуации, определяемые сочетаниями допустимых значений нескольких параметров. В этой связи, для РТС целесообразно применить методы распознавания неисправного состояния радиотехнических средств.

1. Теоретический анализ

Распознавание представляет собой задачу преобразования входной информации, в качестве которой уместно рассматривать некоторые параметры, признаки распознаваемых образов, в выходную, представляющую собой заключение о том, к какому классу относится распознаваемый образ (объект) [1].

© Назмутдинов И.С, Кайдаш Е.П., 2020

Определения состояния РТС с помощью системы распознавания схематично представлен на рис. 1.

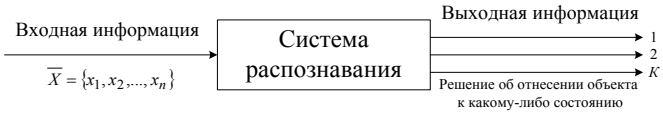


Рис. 1. Упрощенная структура системы распознавания определения состояния радиотехнического средства

В качестве входной информации используются параметры контролируемых систем $\overline{X}$, причем стараются сделать так, чтобы число параметров было минимальным, а информация, заложенная в них, достаточна для получения результата с высокой достоверностью.

На выходе данного блока должно быть решение об отнесении распознаваемого параметра объекта к определённому классу $K_j, j = \overline{1,l}$.

Исходя из этого, первой задачей, решаемой при создании любой системы распознавания, является определение полного перечня параметров, характеризующих объекты или явления, для которых данная система разрабатывается. Любые ограничения или неполнота в определении исходного набора признаков приводят к ошибкам или полной невозможности правильной классификации объектов (явлений).

Вторая задача при создании системы распознавания – это первоначальное определение состояния объектов (явлений), подлежащих распознаванию, составление априорного алфавита классов. В системах технической диагностики распознаваемыми явлениями обычно являются симптомы отказа, признаков нормальной работы, поэтому необходима разработка полного перечня этих симптомов.

Третья задача, решаемая при создании систем распознавания – это разработка априорного словаря признаков распознавания.

Для отбора информативных признаков будем считать, что объекты описываются набором параметров П = {П1, . . . , Пn}. Каждый параметр Пj - это отображение из X в некоторое множество Dj допустимых значений признака, в общем случае не обязательно числовое. Вектор П1(x), . . . , Пn(x) $\in$ D1 × . . . × Dn называется признаковым описанием объекта x.

Пусть G $\subseteq$ П - произвольное подмножество признаков. Будем обозначать через μG метод обучения, который строит алгоритмы, используя только признаки из подмножества G . Будем предполагать, что метод μG выбирает алгоритм из модели алгоритмов A(G),

использующей только признаки из G. Число используемых признаков |G| будем называть *сложностью модели* A(G).

Рассмотрим наиболее общие способы отбора признаков, совместимые с произвольными методами обучения и с произвольными функционалами качества, и потому одинаково применимые для различных алгоритмов классификации. Для отбора признаков могут использоваться следующие методы [2, 3]:

1. *Метод полного перебора* осуществляет полный перебор всевозможных наборов признаков *G* в порядке возрастания сложности. Алгоритм полного перебора наиболее прост для реализации и гарантирует, что будет найден наилучший набор. Однако его практическая применимость ограничена задачами с небольшим числом признаков *n*, так как время полного перебора растёт со скоростью 2^n

2. *Метод последовательного добавления признаков* - добавляет к набору *G* по одному признаку, каждый раз выбирая тот признак, который приводит к наибольшему уменьшению внешнего критерия (простая стратегия жадного наискорейшего спуска). Метод сокращает трудоёмкость перебора и позволяет быстро пересчитывать внутренние параметры алгоритма при добавлении одного признака. Недостатки метода обусловлены склонностью включать в набор лишние признаки, причем, если признак был единожды включён, он остаётся в наборе навсегда, хотя после него в набор могли попасть признаки, способные его заменить.

3. *Метод ветвей и границ* – для полного перебора признаков необходимо обойти дерево возможных наборов признаков, которое определяется: вершины дерева - наборы признаков, корневая вершина - пустой набор.

Во всех методах строится нижняя огибающая множества точек (|G|,Qext(G)). В случае полного перебора её минимум соответствует оптимальному набору G* оптимальной сложности j* = |G*|. Остальные алгоритмы решают задачу поиска оптимального набора признаков лишь приближённо.

Воспользуемся методом ветвей и границ для определения набора признаков. Каждый дочерний набор образуется путём присоединения некоторого признака к родительскому набору. Чтобы избежать появления в дереве одинаковых наборов, отличающихся только порядком признаков, к дочерним наборам присоединяются только те признаки, номера которых превышают максимальный номер признака в родительском наборе. В результате на j-м уровне дерева образуются ровно C_n^j наборов, состоящих из j признаков.

Пример дерева показан на рис. 2

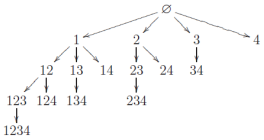


Рис. 2. Дерево полного перебора наборов признаков при n = 4

Программная реализация определения набора признаков $G \subseteq F$ методом ветвей и границ выполнена в соответствии с алгоритмом, представленном в [4].

Алгоритм позволяет легко перейти от полного перебора к сокращённому, заимствуя стандартные эвристики у метода ветвей и границ.

Первая эвристика состоит в том, чтобы оценивать перспективность ветви дерева и отказываться от её наращивания, если уже имеется лучшая ветвь. Набор G не наращивается, если значение критерия $Q(G)$ оказывается хуже, чем на самом лучшем из уже проверенных наборов меньшей мощности j. Формально это можно записать как одновременное выполнение двух условий.

$$Q(G) \geq \underset{|G| \geq j}{Q_j^{\min}}; \qquad (1)$$

где $Q_j^{\min}$ – значение критерия на самом лучшем наборе мощности j.

Вторая эвристика направлена на то, чтобы как можно раньше построить наиболее удачную ветвь дерева. Тогда значения $Q_j^{\min}$ будут близки к нижней огибающей $Q(j)$, и первая эвристика будет отсекать большинство ветвей уже в самом начале.

Для этого признаки изначально ранжируются в порядке убывания их индивидуальной информативности. В качестве эвристической меры информативности признака f можно взять либо значение критерия на однопризнаковом наборе $Q(\{f\})$, либо корреляцию с целевым признаком y*. Либо можно поступить так, сгенерировать некоторое количество случайных наборов G и оценить информативность каждого признака f как среднюю величину $Q(G)$ по всем G, содержащим f.

Для повышения эффективности поиска в алгоритм была добавлена возможность ограничения ширины поиска, характерная для алгоритма поиска в ширину.

Для этого на каждом шаге добавления признаков в текущий набор выбираются не более B ранее не выбранных признаков, имеющих наибольшие коэффициенты корреляции с целевым признаком.

Критерием выбора признаков является выражение

$$Q_N = \sum_{i \in T_N} K_i^{Ц} - \sum_{i \in T_N} \sum_{j \notin T_N} \left| K_{ij} \right| \quad (2)$$

где Q_N – значение критерия выбора признака на шаге N; T_N – множество уже выбранных признаков на шаге N; $K_i^{Ц}$ – коэффициент корреляции признака i с целевым признаком; K_{ij} – значение коэффициент корреляции признака i с признаком j.

Заключение

Таким образом, основная задача системы распознавания неисправного состояния радиотехнических средств состоит в разработке структуры, позволяющей определять состояние объекта по его параметрам $\overline{X} = \{x_1, x_2, ...x_n\}$. Данная структура может представлять собой совокупность возможных состояний объекта в виде классов, разделяющих функций, критериев в зависимости от наличия априорной информации, типов используемых признаков и методики разработки. Важно отметить, что все детерминированные признаки, подаваемые на вход данного блока, должны быть формализованы.

Список литературы

1. Дуда, Р. И. Распознавание образов и анализ сцен. Пер. с англ. Г.Г. Вайнштейна. / Под ред. В.Л.Стефанюка. / Р.И. Дуда, П. Харт – М.: Мир, 1976. – 512с.

2. . Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. –

3. Дубов, Ю.А. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем / Ю.А. Дубов, С.И. Травкин, В.Н. Якимец – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986.

4. Путинцев А.Г. Имитационное моделирование системы управления запасными элементами образцов радиоэлектронной техники на основе применения нейросетевой системы распознавания предотказовых ситуаций / А.Г. Путинцев, И.В. Хоменко // Сб. статей по материалам XXI межвузовской научно-практической конференции «Перспектива-2011». Вып.2, часть 11. – Воронеж, ВАИУ, 2011. – С. 96-102.

Автоматизированное подготовка электронного макет изделия в pdm/plm системе Teamcenter

В. В. Сокольников, email:xyxb@mail.ru[1]
А.В. Бредихин, email:bredihin_av@dmsolution.ru
О.В. Собенина, email:sobenina36@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Рассмотрены ключевые вопросы программирования rich клиента plm/pdm системы Teamcenter. Продемонстрировано создание интерфейса, реализация бизнес функций и обработка ошибок.*

Ключевые слова: *Teamcenter, жизненный цикл изделия, rich client.*

Введение

Для управления проектами в промышленности используются системы управления жизненным циклом изделия. Одной из популярных систем является plm/pdm система Teamcenter от компании Siemens. Teamcenter активно используется в различных областях, как правило, тяжелого производства. У каждого предприятия существуют требования для структуры электронного макета изделия, а также введены ограничения по именованию структурных частей – количеству символов, применяемых символов и знаков, маске записи индексов.

Электронный макет создается каждый раз перед началом проектирования нового изделия, и каждый раз необходимо выдержать требования, предписанные предприятием. На этом при ручном задании параметров проекта и формировании структуры электронного макета возможны ошибки, связанные прежде всего с человеческим фактором. Так же создание проекта вручную требует затратить определенное количество времени.

Минимизировать ошибки и затраченное время можно создав отдельный plug-in, встраиваемый в plm систему. Такой модуль будет вызываться из удобного пользователю места в системе и автоматически создать с требуемыми параметрами структуру проекта.

1. Программирование автоматизированного модуля

Программирование rich клиента Teamcenter выполняется по технологии RCP на платформе Eclipse. Приложение Eclipse состоит из отдельных программных компонентов, называемых плагинами. Они могут использовать и расширять существующие компоненты. Наиболее

© [1] Сокольников В.В., Бредихин А.В., Собенина О.В., 2020

важным файлом конфигурации для плагинов является файл MANIFEST.MF . Он определяет метаданные плагина, такие как его уникальный идентификатор, его экспортированный API и его зависимости.

Разработанный модуль для PLM Teamcenter должен иметь функции:

1. создания объектов;
2. автоматизированное присвоение атрибутивной информации;
3. создание базовой контрольной структуры изделия;
4. создание контрольной структуры проектирования базовой геометрии изделия;
5. создание контрольных структур проектирования агрегатов изделия.

Так как программный модуль включает в себя функции управления операциями, то интерфейс содержит следующее:

1. поле ввода индекса проекта;
2. поле ввода наименования проекта;
3. внесение перечня агрегатов и их наименований;
4. создание проекта.

PLM Teamcenter представляет собой клиент-серверную архитектуру. Для расширения функционала Teamcenter можно использовать:

1. библиотеку ITK и язык C/C+ ;
2. язык программирования Java и среду разработки Eclipse;
3. Teamcenter Services (SOA) для реализации дополнений;
4. бизнес-моделлер.

На рис. 1 изображена связь между клиентом и сервером в разрабатываемом модуле.

Рис. 1. Уровни модуля

2. Реализация интерфейса модуля

Визуальные компоненты Eclipse RCP программируются на основе технологии SWT (Standard Widget Toolkit).

Создание класса типа ViewPart для отображения кастомного окна в Teamcenter.

Листинг 1

```
public static final String ID = CustomView.class.getName();
//Определение глобальных переменных.
//Заглавная информация во VIEW. Создаем заголовок.
Text t = new Text(parent, SWT.BORDER );
//Делаем его недоступным для редактирования.
t.setEditable(false);
//Уставнавливаем цвет фона и цвет шрифта.
t.setBackground( parent.getDisplay().getSystemColor(
SWT.COLOR_WHITE ));
t.setForeground( parent.getDisplay().getSystemColor(
SWT.COLOR_BLUE ));
group.setLayout(new GridLayout(2, false));
Отображение окна ввода индекса проекта.
tX = new Text(group, 0);
//Описание подсказки.
tX.setMessage("XXXX"); tX.setFont(newFont);
//Создаем группу элементов для завершение внесения информации.
group = new Group(parent, SWT.NONE);
group.setText("Завершение внесения информации");
//Создаем кнопку очистить все поля.
button = new Button(group, SWT.PUSH);
button.setText("Очистить все поля");
button.addSelectionListener(new SelectionAdapter() {@Override
public void widgetSelected(SelectionEvent e) {
//Очищаем таблицу и все элементы ввода.
table.removeAll();
t32.setText(""); t32.setMessage("Введите наименование
проекта"); tX.setText(""); tX.setMessage("XXXX");}}
```

Результат можно увидеть на рис. 2.

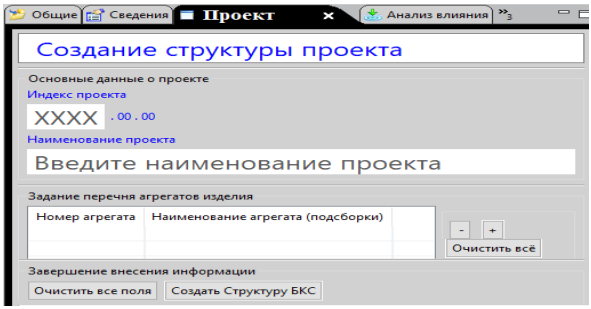


Рис. 2. Окно проекта

3. Реализация функционала модуля

Для реализации ранее заявленных функций модуля необходимо подключение в проект java-пакетов системы Teamcenter:

1. TCComponentBOMWindow. Этот пакет предоставляет программисту методы для создания «менеджера структуры».
2. TCComponentBOMLine. Этот пакет позволяет программисту работать со строками в менеджере структуры изделия.
3. TCComponentItem. Данный пакет предоставляет программисту методы для работы с объектами в Teamcenter. Представленный метод Create, имеет для заполнения 4 аргумента: идентификатор объекта, ревизия объекта, тип объекта и имя объекта;
4. TCPreferenceService. Этот пакет позволяет программисту работать с переменными Teamcenter. В нашем случае это были переменные, хранящие атрибуты и имена операции.

Листинг 2

```
//Создаем папку указанного типа.
TCComponentFolder mFolderCreated =
mFolderType.create(t32.getText(), "Тестовая", "Folder");
//Блокируем созданную папку (по аналогии как в ITK).
mFolderCreated.lock();
//Сохраняем созданную папку (по аналогии как в ITK).
mFolderCreated.save();
//Разблокируем созданную папку (по аналогии как в ITK).
mFolderCreated.unlock();
//Добавляем созданную папку отношением contents к корневой
папке.
mHomeFolder.add("contents", mFolderCreated);
//Создание Первой структуры получаем BOMWindow из сессии.
TCComponentBOMWindowType bomWinType =
(TCComponentBOMWindowType)
tcSession.getTypeComponent("BOMWindow");
TCComponentBOMWindow window = bomWinType.create(null);
```

```
//Создаем ITEM       BCS.индекс.00.00", "00", "SPB5_PsAssy",
БКС - наименования
TCComponentItemType mItemType =
(TCComponentItemType)tcSession.getTypeService().getTypeCompone
nt("SPB5_PsAssy");
TCComponentItem mItemCreated1 =
mItemType.create("BCS."+tX.getText()+".00.00", "00",
"SPB5_PsAssy", "БКС - "+t32.getText(), "Псевдосбора1", null);
//Добавление в папку с названием проекта, для отображения в
рабочей области удобство отладки создания элементов при
проектировании.
mFolderCreated.add("contents", mItemCreated1);
//Создание подсборки Первой структуры, создаем бомлайн первого
порядка.
TCComponentBOMLine topBomLine =
window.setWindowTopLine(null,mItemCreated1.getLatestItemRevisi
on(),null,null);
//Создаем итем BG.индекс.00.00, "00", "SPB5_PsAssy", "БГ - имя
проекта.
TCComponentItem mItemCreated2 =
mItemType.create("BG."+tX.getText()+".00.00", "00",
"SPB5_PsAssy", "БГ - "+t32.getText(), "Псевдосбора2", null);
//Добавляем к голове структуры бомлайн следующего порядка
вновь созданного итема mItemCreated2.
TCComponentBOMLine childBomLine  =
topBomLine.add(null,mItemCreated2.getLatestItemRevision(),
null,false);
mFolderCreated.add("contents", mItemCreated2);
//Создаем айтем индекс.00.00, "00", "SPB5_PsAssy"
TCComponentItemType mItemType1 =
(TCComponentItemType)tcSession.getTypeService().getTypeCompone
nt("SPB5_Assy");
```

4. Обработка ошибок

Как пример, можно выявить и обработать типовые ошибки при вводе информации о проекте.

Неправильный ввод, рис. 3.

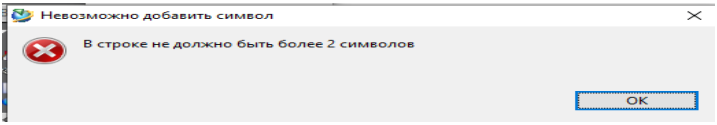


Рис. 3. Добавление лишнего символа

Создание проекта с пустыми полями, рис 4.

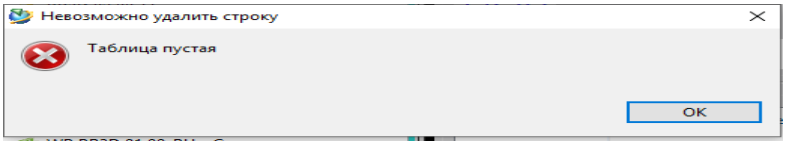


Рис. 4. Пустые поля

Создание уже существующей структуры, рис. 5.

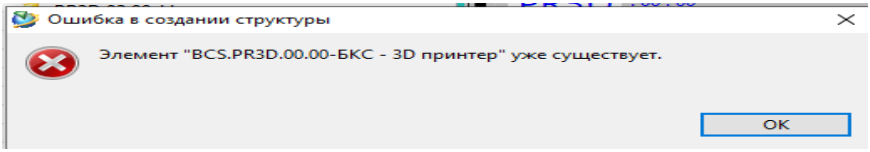


Рис. 5. Существующие элементы

Заключение

В данной статье были рассмотрены основные компоненты, необходимые для создания структуры проекта. Визуальные компоненты облегчают восприятие вводимой информации. Обработка исключений позволяет свести к нулю ошибки при создании сложной структуры проекта. Автоматизация процесса создания Items делает процесс создания электронного макета изделия мгновенным.

Список литературы

1. Рыжков В. А., Собенина О. В., Пак А. А. Р. Разработка модуля создания типизированных элементов для автономного клиента системы Teamcenter //Информатика: проблемы, методология, технологии. – 2016. – С. 404-408.
2. Чижов М. И., Килина А. А. Управление жизненным циклом нормативно-справочной информации машиностроительного предприятия //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8. – №. 12-2. – С. 59.
3. Килина А. А., Паринов М. В., Чижов М. И. Интеграция управления рабочими процессами в PLM системе предприятия //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2.

Общая архитектура сервиса управления атрибутами объекта PDM системы

Н. Ю. Ушаков, email: workspacenick@mail.ru
А. В. Бредихин, email: maypochta@yandex.ru
А. А. Филимонова, email: asick@inbox.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной статье рассматривается возможная структура сервиса PDM-системы, демонстрируются возможные проблемы при проектировке подобного продукта.*

Ключевые слова: *международная конференция, шаблон оформления, требования к оформлению работ, Microsoft Word, стили форматирования, макросы.*

Введение

PDM-система обеспечивает управление всей информацией об изделии:

- инженерными данными (Engineering data management – EDM);
- информацией об изделии (product information management – PIM);
- техническими данными (technical data management TDM);
- управление документами.

Основные функции PDM системы заключаются в интеграции, накоплении и упорядочивании разнородной информации, извлеченной из систем САПР, бумажных и иных носителей, а также изменений данных в процессе работы над проектом. Таким образом, архитектуру сервиса управления данными необходимо планировать так, чтобы в результате обработки структурированная информация позволяла специалистам принимать решения в рамках своей компетенции.

1. Архитектура PDM системы

В настоящий момент большинство распространенных PDM систем имеют монолитную архитектуру. В её структуре можно выделить:

- уровень управления данными;
- уровень бизнес-логики;
- пользовательский уровень.

© Ушаков Н. Ю., Бредихин А. В., Филимонова А. А., 2020

Для адаптации системы к конкретному предприятию и классу изделий используется API, через который подключаются необходимые расширения, но возможности таких расширений ограничены.

Из недостатков такой архитектуры можно выделить:

- в процессе развития системы усложняется добавление новых функций и развитие архитектуры;
- необходимо поддерживать выбранные технологии;
- сложность масштабирования;
- отсутствие изоляции компонентов;
- сложность конфигурирования архитектуры;
- сложность обеспечения отказоустойчивости.

Поэтому было принято решений построить PDM систему на основе микросервисной архитектуры, что позволит:

- независимая разработка с использованием различных технологий;
- изоляция отдельных компонентов, реализующих законченные функции;
- возможность повторного использования сервисов в системах сходного класса;
- легкое конфигурирование готовой системы из набора микросервисов;
- высокое масштабирование системы;

К недостаткам такого подхода можно отнести:

- сложное управление инфраструктурой, что частично можно компенсировать разработкой детальных руководств;
- ресурсы для организации взаимодействия между компонентами.

2. Функции сервиса управления атрибутами

Одним из базовых микросервисов PDM системы является сервис управления атрибутами, который выполняет управление моделью данных системы.

Разрабатываемый микросервис должен обеспечивать:

- Просмотр списка доступных классов объектов;
- Определение перечня атрибутов для каждого класса;
- Перенос атрибутов в класс из родительского (наследование атрибутов);
- Поддержку единого справочника атрибутов, доступных для использования в классах;
- Выгрузку полного описания классов (модели данных) в обменный формат.

Для каждого атрибута доступны следующие параметры:

- Название (обязательный, уникальный);

– Тип данных (обязательный);
– Единица измерения (для отдельных групп атрибутов);

Микросервис будет поддерживать следующие базовые типы данных:

– Целое число;
– Вещественное число;
– Короткая строка;
– Длинная строка;
– Дата;
– Время;
– Файл;
– XML;
– JSON;
– Вычисляемый атрибут (значение определяется на основе заданной в определенном формате формулы).

Каждый класс описывается множеством атрибутов, которые выбираются из реестра. Каждый атрибут может быть добавлен в множество классов, но в одном классе любой атрибут из реестра должен встречаться только один раз. Во всех классах должен присутствовать уникальный атрибут, который позволит однозначно идентифицировать объекты системы.

Заключение

Предложенный подход позволит обеспечить эффективное управление атрибутами разнородных объектов PDM системы. Реализация компонента в виде микросервиса позволит провести независимую разработку.

Также разработанный микросервис может быть использован в системах другого класса, для функционала которых требуется описание объектов и их атрибутов, например, системы управления документооборотом, жизненным циклом программных продуктов и т.д.

Список литературы

1. Паринов М. В. Информационная система терминального типа оперативного доступа к ресурсам цифрового производства / М. В. Паринов, А. Н. Юров, И. А. Еремин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 2. – С. 123-129.

2. Чижов М. И. Разработка подхода к автоматизации технологической подготовки производства в PLM системе Teamcenter / Чижов М. И., Бредихин А. В. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. № 12-1. – С. 24-26.

Создание имитационных программных решений по визуализации металлообработки для станочного промышленного оборудования

А. Н. Юров, email: yurovalex@mail.ru [1]

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается подход и предложена реализация программных решений, позволяющих наглядно представить процессы фрезерной и токарной обработки. Программные средства имитируют металлообработку по предварительно созданной управляющей программе в G-коде. Программные продукты, основанные на использовании функциональных возможностях геометрического ядра Open Cascade, позволяют не только визуализировать процессы фрезерной и токарной обработки, но и передать модели с результатами обработки посредством экспортных форматов в другие САПР.*

Ключевые слова: *геометрическое ядро, визуализация процессов обработки, имитация процессов фрезерования, имитация процессов точения, имитация процессов фрезерования, управляющие программы, оборудование с ЧПУ, структура данных технологических объектов.*

Введение

На предприятиях активно используются оборудование с ЧПУ и обрабатывающие центры. Использование числового программного управления имеет неоспоримые преимущества при выпуске готовой продукции, так и в случае переоснащения производства. Главным достоинством станков с ЧПУ является более высокий уровень автоматизации производства. Данные системы могут работать практически автономно, выпуская продукцию высокого качества. Другим значительным аргументом является следующий факт: станки с ЧПУ имеют высокую точность и повторяемость обработки деталей. Это значит, что на качество деталей при ручной обработке может влиять человеческий фактор (продолжительность смены оператора, трудоемкость изготовления и т.д.), то ЧПУ лишены таких изъянов, они будут выполнять обработку деталей в заданном временном интервале и

© Юров А. Н., 2020

при этом качество обработки будет находится на оном уровне. И еще к одному достоинству можно отнести то, что станки с ЧПУ позволяют обрабатывать сложные детали, изготовление которых на обычном оборудовании невозможно. Пример таких деталей – это штампы и пресс формы.

Поскольку время обработки заготовки при использовании числового программного управления регламентировано, то этот фактор позволяет более точно определять время обработки партии деталей, что позволяет более точно спланировать производство.

При использовании современного оборудования, работающего в симбиозе с САПР решениями на уровне моделей, возникает потребность в создании и подготовке самих управляющих программ для систем числового программного управления. Кроме того, актуален и сам процесс обработки, а точнее – его имитация. Важно увидеть результат работы управляющей программы, посмотреть на ход операций, которые наглядно демонстрируют все этапы проведения обработки по созданному G-коду от стадии загрузки заготовки в обрабатывающий центр (или технологическую остатку станка) до завершения процесса обработки.

1. Концептуальная модель приложения

Для визуализации токарных операций требуется реализовать имитационный процесс обработки заготовки в реальном времени. Исходную модель (заготовку) можно получить импортом из внешнего файла, а все остальные элементы (модели инструментальной оснастки, вспомогательного станочного оборудования) интегрировать в состав приложения. Проще использовать модели, которые можно подготовить в сторонней САПР. Далее следует загружать в систему модели по мере необходимости.

Кроме визуализации для сервисов загрузки-выгрузки данных, покраски моделей нужны диалоговые панели. Их надо также реализовать.

Видовые преобразования и изменения полезны как на стадии подготовки к процессам обработки, так и на стадии визуализации. Нужны средства, которые позволяют прервать расчеты моделирования и заняться преобразованием. Схема разработки приложения по визуализации токарных операций может иметь компоновку, представленную на рис. 1.

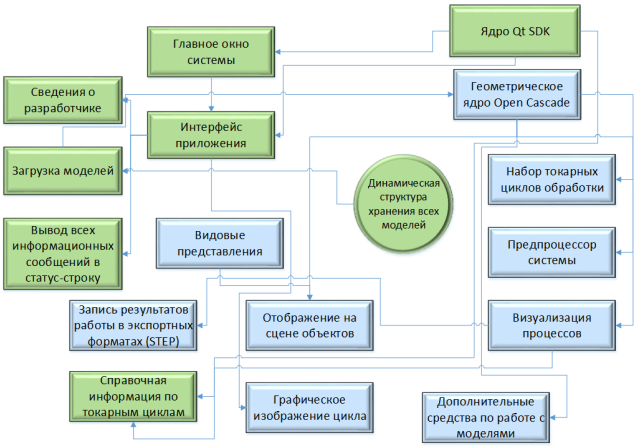


Рис. 1. Схема работы модуля по визуализации токарной обработки

2. Реализация программных средств

На основе предложенных путей решения задач были разработаны программные модули, отвечающие за процессы точения и фрезерования с визуализацией в реальном времени. Имитация процессов металлообработки позволяет наблюдать за видоизменением исходной детали, которая импортируется в программные средства. Реализация фрезерной и токарной обработки, работа с моделями, алгоритмические конструкции разрабатывались на базе классов и методов геометрического ядра Open Cascade. Функциональные возможности и реализация проектов с использованием Open Cascade рассмотрены в работах [1], [2] и [3]. Разработанный программный модуль по визуализации процессов фрезерования имеет следующие отличительные особенности:

– экран вывода сцены с моделью. Все манипуляции с моделью, построение трековых линий, построение проточек контуров обработки, отображение траектории движения инструмента и сам инструмент производятся в главном окне;

– элементы инструментальной панели, отвечающие за видовые изменения модели в пределах сцены. Модель можно вращать и перемещать как во время операций, так и после процесса обработки фрезерованием. Доступны режимы представления модели в каркасном исполнении, а также в твердотельном. Для удобства наблюдения за процессом обработки предлагается оптимальный вид заготовки в

аксонометрической проекции. Также есть опция по увеличению модели в размер экрана;

– обработка заданного типа контура, подготовка управляющей программы и сам процесс фрезерования вынесены на отдельную инструментальную панель, которая размещена в нижней части приложения горизонтально. Доступны следующие типы обработки контура: по окружности, по контуру прямоугольника, по контуру треугольника. Функционал контуров может быть расширен за счет включения в проект дополнительных методов, отвечающих за реализацию обработки;

– место размещения управляющей программы. Программа состоит из набора команд G-кода для станков ЧПУ. В процессе обработки и визуализации процесса специальный курсор-маркер показывает местоположение той части кода, которая задействована на текущий момент.

Предварительно для процесса обработки фрезерованием нужно задать тип контура обработки посредством вызова диалогового окна с параметрами. На рис. 2 показан диалог подготовки управляющей программы для прямоугольного контура.

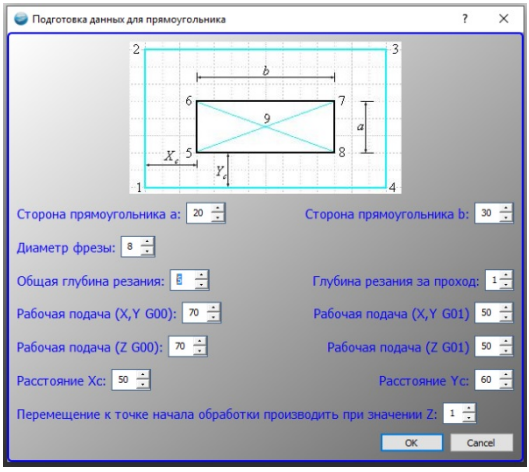


Рис. 2. Форма определения параметров для обработки прямоугольного контура

Визуализация процессов обработки фрезерованием в разработанном программном средстве для прямоугольных контуров по управляющей программе представлена рис.3.

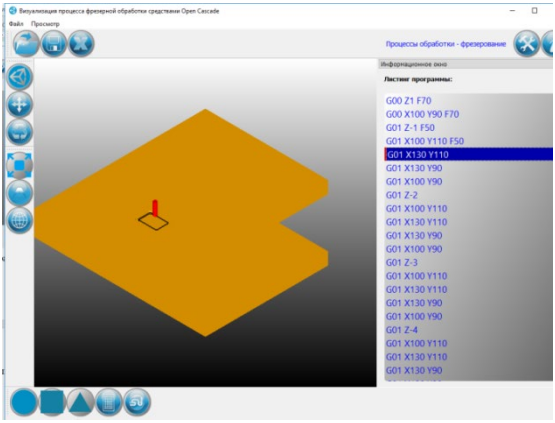


Рис. 3. Обработка прямоугольного контура фрезой

Визуализация процесса обработки фрезерованием для контура, заданного окружностью согласно заданной управляющей программе, показана на рис. 4.

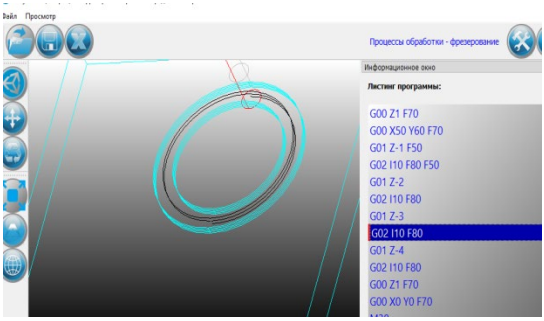


Рис. 4. Построение траектории прохода фрезы по контуру окружности

В разработке модуля, отвечающего за процессы токарной обработки с визуализацией в реальном времени, был использован другой графический интерфейс, в котором показана работа токарных

циклов. Для этих целей была подготовлена отдельная инструментальная панель, представленная на рис.5. После выбора заданного цикла система переходит в режим задания параметров для подготовки сценария по визуализации процесса токарной обработки. Как только параметры в модуле скорректированы, открываются новые функциональные блоки. На последнем шаге становится доступна опция по выполнению имитационного процесса токарной обработки.

Рис. 5. Перечень циклов токарных операций

Общий вид графического интерфейса созданного программного модуля представлен на рис. 6. Из рисунка видно, что в модуле представлена краткая информационная справка по заданному токарному циклу, показана схема работы инструмента, в главном окне приложения отображена твердотельная модель станочной оснастки и резца, а также модель заготовки, которая будет видоизменятся с течением времени согласно управляющей программе. Интерфейс приложения содержит интерактивные подсказки, облегчающие работу с программным модулем.

Реализация части алгоритмов, как отмечалось ранее, была выполнена методами геометрического ядра Open Cascade, а также классами и компонентами Qt + SDK на языке C++.

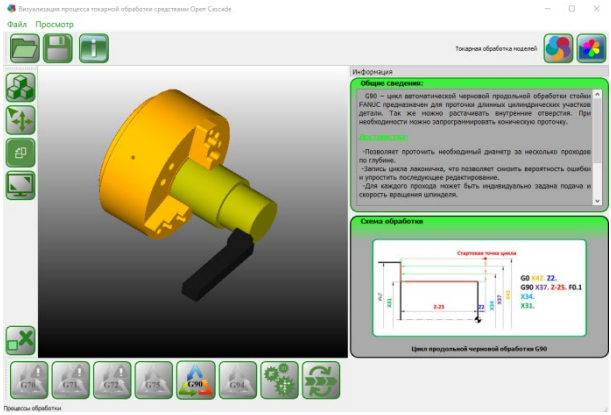


Рис. 6. Общий интерфейс программного модуля по визуализации токарной обработки

Заключение

Предложенные пути и концепции, связанные с имитацией процессов обработки по имеющимся управляющим программам, привели к созданию программного решения с визуализацией процессов фрезерной обработки твердотельных моделей. Приложение наглядно демонстрирует обработку по заданной управляющей программе для выбранного контура. Приложение было разработано с интуитивно-понятным интерфейсом, достаточным быстродействием и развитыми функциональными возможностями. Включена поддержка экспортных форматов данных САПР, позволяющего использовать исходные модели из различных источников, а также передать полученные результаты в другие приложения для дальнейшего применения. В приложении реализована функциональность не только по визуализации самого процесса, но и разработаны дополнительные опции, касающиеся графического вывода.

Программный модуль по визуализации процессов токарной обработки твердотельных моделей имитирует металлообработку согласно заданным токарным циклам. Приложение было подготовлено с использованием интуитивно-понятного интерфейса, достаточным быстродействием и развитыми функциональными возможностями. Имеется поддержка общеизвестного формата данных САПР, позволяющего использовать импорт-экспорт моделей, а также передать полученные результаты в другие приложения для дальнейшего применения.

Список литературы

1. Юров, А.Н. Проектирование автоматизированной системы производственных планировок / А.Н. Юров // Моделирование систем и процессов. Том 12 № 1. – Воронеж, 2019. - С. 87 - 93.

2. Юров, А.Н. Программное моделирование и визуализация геометрических тел средствами ядра ОССТ / А.Н. Юров, И.А. Еремин // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: в 5 т. Секция 12. САПР и цифровые технологии. – Воронеж, 2017. -С. 340-345.

3. Юров, А.Н. Программное решение для геометрических построений средствами ОССТ / А.Н. Юров // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVIII международной научно-методической конференции: Секция САПР и цифровые технологии. – Воронеж, 2018. -С. 208-211.

XI школа-конференция

«Информатика в образовании» (INED-2020)

Секция 1
Методика преподавания информатики

Методология и принципы преподавания информатики и информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru [1, 2]

[1] Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

[2] Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *В работе рассматриваются методология и принципы преподавания информатики и информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых, позволяющие преодолевать постстрессовые состояния обучаемых ориентируясь на положительные: когнитивные и социальные результаты, области и направления индивидуального восприятия цифрового окружения.*

Ключевые слова: *методология нейрообразования, нейролингвистическое программирование, нейроданные, принципы, преподавание информатики и информационных технологий, познавательная деятельность, учебная деятельность, обучаемые.*

Введение

В условиях нарастания сложности социальной и образовательной инфотехносферы, увеличения информационной нагрузки на преподавателей и обучаемых системы преподавания информатики и информационных технологий (ИиИТ) и учебно-познавательной деятельности обучаемых требуют непрерывного совершенствования, увеличения объемов, скорости принятия решений, оперативности обработки и усвоения новых знаний, усиления когнитивных способностей обучаемых и преподавателей [1]. Решение данных проблем в настоящее время связывается с возможностью разработки и использования: 1) нейротехнологий образования-обучения-преподавания, позволяющих адаптировать, оптимизировать и развивать психические и мыслительные возможности основных субъектов социально-цифровых образовательных систем как обучаемых, так и преподавателей [2]; 2) гибридных технологий традиционного и цифрового образования, учитывающих и интегрирующих

© Абрамян Г. В., 2020

индивидуальные возможности/способности мозга/сознания преподавателей и обучаемых с возможностями цифровых устройств [3]; 3) технологий оперативного изучения, распознавания и понимания обучаемыми естественных и искусственных языков, социальных и цифровых интерфейсов с целью наименее затратного по ресурсам, но наиболее глубокого погружения обучаемых в быстро меняющуюся цифровую коммуникационную и учебно-познавательную среду [4].

В новых условиях проектирование, разработка и использование цифровых инфотелекоммуникационных образовательных продуктов и услуг должна учитывать необходимость формирования, хранения, учета и контроля результатов персонифицированного изучения и анализа личных нейроданных – особенностей мозга и нервной системы обучаемых и преподавателей (интересов, параметров сенсорного и когнитивного внимания, памяти, эмоций, вовлеченности, валентности и др.) и с учетом этого сигнализировать о возможностях и ресурсных состояниях, предлагая средства их стимуляции и модуляции и в зависимости от этого адаптивно определять маршруты формирования индивидуальных траектории как развития обучаемых, так и профессиональной деятельности преподавателей, структуры аудиовизуального учебно-познавательного контента, характера и уровней тестирования ЗУНов и владений, например, с учетом истории физиологических, психоэмоциональных и когнитивных реакций и состояний обучаемого и преподавателей с целью повышения качества их деятельности, эффективности когнитивного восприятия и прогнозирования выбора наиболее эффективного образовательного маршрута [5–7].

Как правило, ИиИТ рассматривается как процесс управления учебно-познавательной деятельностью (УПД) обучаемых и один из компонентов процесса обучения (ПО). Управление УПД учащихся в ПО понимается с одной стороны как: 1) управление усвоением учебного контента при решении конкретных познавательных задач (ПЗ), в этом случае средствами управления УПД являются «наводящие задачи» – подсказки, 2) процесс предъявления учащимся такой системы учебных задач, которая предусматривает в ходе их решения постепенное и последовательное продвижение школьников по ступеням познания - от низкого уровня проблемности заданий и познавательной самостоятельности к творческой, исследовательской. Тем самым проектируется определённый уровень сформированности свойств и качеств знаний – системность, динамичность, обобщённость и т.п.

Анализ современных систем ИиИТ показывает, что контентно-содержательные и временные параметры траекторий

персонифицированного обучения, как правило, проектируются с учетом уровней поддержки либо наиболее одаренных обучаемых, либо преподаватели ориентируются на средний уровень успеваемости обучаемых [8]. Неуспевающие обучаемые часто остаются вне зоны активной работы и внимания преподавателей, постепенно у них формируется отрицательное отношение к учебе, интеллектуальному труду и знаниям в целом. В этой связи актуальной методической задачей ИиИТ является разработка нейротехнологий образования-обучения-преподавания, которые позволят «отстающим» стать успешными в интересующих их ИиИТ-областях, тем самым исключив обучающих из группы граждан потенциального социокультурного риска (криминальных, озлобленных, алко и наркозависимых, не желающих работать на благо семьи и общества, способных учится самостоятельно, самосовершенствоваться на протяжении всей жизни). Исследования показывают, что стереотипы неуспешности формируются у детей на ранних стадиях их развития, поэтому важно как можно раньше начать использовать методики адаптивного и коррекционного ИТ-обучения. На начальном этапе предлагается проектировать, создавать, внедрять и использовать индивидуальные нейротехнологии образования-обучения-преподавания ИТ, например для «успевающих» на «неудовлетворительно», далее на «удовлетворительно» и наконец, на «хорошо» и «отлично». Таким образом, ИТ-образовательный процесс должен становится всё более и более качественным, профилированным, персонализированным и уровневым [9, 10].

В докладе предлагается использовать методологию нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых в области ИиИТ с учетом данных персонифицированного анализа портфолио основных субъектов информационно-образовательной среды - обучаемых и преподавателей. Методология включает в себя: 1) формирование цифровой модели коммуникации, включающую сбор персонифицированной информации о субъекте, контентно-содержательную и временную адаптацию параметров траекторий развития/деятельности под потребности субъекта и его окружение, сопровождение субъекта в процессе обучения/деятельности [11–13]; 2) определение репрезентативных систем и идентификации традиционных и цифровых каналов контентно-содержательного восприятия УПД с точки зрения дифференциации каналов информации, например 2.1) звуковой, в случае если обучаемый/преподаватель воспринимает/передает большую и значимую часть информации с помощью голоса или аудиовизуальных средств, 2.2) визуальной, в случае если обучаемый/преподаватель

воспринимает/передает большую и значимую часть информации с помощью средств визуализации ориентируясь на зрительные каналы обучаемых или 2.3) тактильной в случае если обучаемый/преподаватель воспринимает/передает информацию через каналы обоняния/осязания или средства моделирования запахов/движений, 2.4) дискретной/символьной/цифровой в случае если обучаемые (преподаватель) воспринимают/передают информацию в основном через логическое осмысление, с помощью цифр, знаков, логических доводов и средств их представления и передачи; 3) определение нейрологических уровней дифференциации: 3.1) социального и/или цифрового окружения образовательных субъектов (обучаемых и преподавателей), учитывая например параметры: кто такие обучаемые? что и/или кто их окружает? 3.2) учебных действий и поведения субъектов (например, что должны делать обучаемые?), 3.3) «жестких» и «мягких» навыков (HARD/SOFT SKILLS) (кто и как именно осуществляет учебные действия и проявляет поведение?), 3.4) убеждений и ценностей обучаемых/преподавателей, 3.5) идентичности обучаемых и преподавателей, 3.6) целевых установок и мотивов поведения; 4) разработку, идентификацию, диагностику и тестирование персонализированных «триггеров» – точек учебно-познавательных бифуркаций запускающих управляемое когнитивное поведение, состояния, способности, возможности, например способ выбора образовательных траекторий; 5) рефрейминг убеждений субъектов и/или отношения к учебе и/или профессиональной деятельности: 5.1) управления изменением когнитивного поведения, состояния, способности, возможности, контекста и/или ценности учебно-познавательного процесса или контента, 5.2) управления содержанием учебно-познавательного процесса или контента с целью изменения восприятия когнитивного процесса, смещением смысловых акцентов и возникновению новых образовательных ощущений и мотивов поведения; 6) лингвистически суггестивные конструкции (единицы) естественного/искусственного языка для установления прагматического, вербального или цифрового взаимодействия между субъектами, например между обучаемым и преподавателем с целью повышения уровня их взаимного доверия, управления мыслями и поступками, например «неуспевающих» обучаемых; 7) управление: 7.1) переходными/«трансовыми» состояниями сознания, возникающими при значительном эмоциональном и/или умственном перенапряжении обучаемых, например, когда обучаемый увлечен и/или перестает реагировать на окружающую действительность, совершает «машинальные» и автоматические, но осознанные учебные действия, которые не требуют внимания на их выполнение и сосредоточения, 7.2)

фильтрами восприятия сознательного состояния и степенью контроля над самосознанием, например, над обработкой новой учебной информации или с целью снижается критического восприятия. Это позволит психике и организму обучаемых/преподавателей быстрее преодолевать непрерывные постстрессовые состояния через переключение внимания с кризисной образовательной ситуации, которая «поглотила ресурсы и жизненную учебно-познавательную энергию/потенциал» на положительные когнитивные/социальные результаты и области восприятия социального/цифрового окружения.

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Инфотелекоммуникационные проблемы, риски и угрозы высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов в науке и образовании стран БРИКС. / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Санкт-Петербург, 2015. – С. 663-667.

2. Абрамян, Г. В. Акселерация ИТ-компетенций пользователей цифровых экосистем на основе HIGH-HUME/HIGH-TECH технологий / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – 2018. – С. 135-137.

3. Абрамян, Г. В. Модели развития научно-исследовательских, учебно-образовательных и промышленно-производственных технологий, сервисов и процессов в России и странах ближнего зарубежья на основе глобализации сотрудничества и интеграции инфотелекоммуникаций. / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Санкт-Петербург, 2015. – С. 668-673.

4. Катасонова, Г. Р. Технологии подготовки академических и прикладных бакалавров в условиях ФГОС ВО 3+ с учетом российских профессиональных стандартов / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – Пермь, 2015. – С. 120-122.

5. Абрамян, Г. В. Переходные и стационарные алгоритмы обеспечения континуальной квазиустойчивости системы непрерывного образования в условиях бинарно-открытого информационного пространства и связей на основе механизмов откатов. / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-26. – С. 5884-5890.

6. Абрамян, Г. В. Технология анализа и таксономии целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях интернационализации образования / Г. В. Абрамян // Преподавание

информационных технологий в Российской Федерации. – 2018. – С. 211-213.

7. Ситдиков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков, И.Ю. Буснюк, Е. О. Тупий, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18.

8. Абрамян, Г. В. Системы и технологии электронного обучения как потенциальные объекты риска информационно-образовательной среды вузов и школ Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Электронное обучение в вузе и школе. – РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. – С. 17-20.

9. Абрамян, Г. В. Принципы преподавания информационных технологий на основе инструментов и средств HIGH-HUME/HIGH-TECH обучения / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – 2018. – С. 337-339.

10. Абрамян, Г. В. Стратегия и технология развития систем опережающего образования в современных условиях. / Г. В. Абрамян, А. Е. Марон // Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего обучения. – 2007. – С. 12-13.

11. Федоров, К. П. Эвристические программные средства и их использование с целью развития информационно-коммуникационных компетенций учащихся школ лингвистического профиля / К. П. Федоров, Г. В. Абрамян // Региональная информатика «РИ-2014». – 2014. – С. 375.

12. Абрамян, Г. В. Модели и технологии оптимизации телекоммуникаций в науке и образовании северо-западного региона на основе использования SAAS/SOD облачных сервисов / Абрамян Г. В. // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 27.

13. Абрамян, Г. В. Телекоммуникационные модели образования и научной деятельности как облачные сервисы SAAS/SOD взаимодействия в вузе / Г. В. Абрамян // Перспективы развития науки и образования. Москва, 2013. – С. 100-101.

Функциональные особенности и возможности использования компьютеров ARDUINO для обучения в вузах и школах программированию цифровых робототехнических и киберфизических систем

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru [1,2]

[1] Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

[2] Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *В работе рассматриваются функциональные особенности, структура и возможности компьютеров Arduino как средств организации обучения студентов и школьников, проведения научных исследований в области программирования цифровых робототехнических и киберфизических систем. Представлены примеры функционального анализа различных моделей, платформ и плат расширения одноплатных компьютеров Arduino.*

Ключевые слова: *обучение студентов и школьников, программирование, структура, функциональные особенности, возможности, компьютеры, Arduino, цифровые робототехнические и киберфизические системы, проведение научных исследований.*

Введение

В настоящее время на российском рынке средств программирования цифровых робототехнических и киберфизических систем (СПЦРКС) представлено большое количество производителей и их продуктов, в том числе одноплатных компьютеров (ОК) Arduino, Arndale Board, Banana Pi, BeagleBoard, Cotton Candy, Cubieboard, Gumstix, Hawkboard, IGEPv2, Orange Pi, PandaBoard, Pine64, Parallella, Rascal, Raspberry Pi, Rockchip, Snowball, Stick PC, UDOO, Virt2Real и др.

1. Функциональные особенности и возможности использования компьютеров ARDUINO для обучения в вузах и школах программированию цифровых робототехнических и киберфизических систем

В процессе научно-исследовательской работы, подготовки и проведения практических работ в ходе обучения программированию СПЦРКС студентов вузов и школьников, [1] преподавания по

© Абрамян Г. В., 2020

направлению «Робототехника и киберфизические системы» как отдельной самостоятельной дисциплины, так и разделов курса информационных технологий [2, 3] преподавателям вузов и учителям школ необходимо учитывать технические и функциональные возможности аппаратного и программного обеспечения учебного процесса [4–7]. Для этого преподаватель как правило осуществляет предварительный функциональный анализ технических СПЦРКС, например производителей ОК, по результатам которого проводится отбор производителей, типов выпускаемых процессорных плат и их функциональные возможности, которые после приобретения в значительной мере определяют перспективные технологии обучения программированию студентов и школьников, соответствующий образовательный контент и технологии учебного процесса [8–10]. Например при анализе линейки ОК Arduino преподавателю необходимо определить наиболее оптимальную по функциональным возможностям и цене модель реализации процессорных плат: 1) стандартной длины – «Uno», «Pro», «Leonardo», 2) с расширенным набором штыревых линеек – «Mega», «Due», 3) уменьшенных габаритов – «Nano», «Micro», «MKR», например в DIP корпусах микросхем и др. СПЦРКС стандартного набора ОК Arduino состоят из Boards-микроконтроллера и shields-платы расширения, стабилизатора питания, кварцевого резонатора, цепочки сброса и других элементов. Преподавателю необходимо учитывать, что наборе «MKR» в DIP корпусах микросхем shields-платы не предусмотрены, а в линейке Arduino «MKR» встроена функционально ограниченная shields-плата. А в качестве периферии, например робототехнической электромеханики, ориентированной на работу совместно с платами Arduino на рынке широко представлены программно и аппаратно совместимые с Arduino датчики и исполнительные устройства.

В процессе преподавания курса «Робототехника и киберфизические системы» на основе СПЦРКС данные типы платформ обучаемыми могут использоваться локально – для создания учебных автономных учебно-познавательных объектов автоматики, так и совместно с ПО уже функционирующими ЭВМ и комплексами ИС, используя традиционные проводные и беспроводные интерфейсы СПЦРКС. [11, 12] Процесс анализа функциональных возможностей преподавателем может быть проведен в соответствии с одним из приведенных ниже примеров-шаблонов.

Пример 1. ОК Arduino UNO R3 выполнен на микроконтроллере ATmega328 и по структуре содержит: 1) 14 цифровых портов входа-выхода (6 из них поддерживают режим широтно-импульсной

модуляции-ШИМ); 2) 6 аналоговых входов; 3) частота тактирования 16 МГц; 4) USB порт; 5) разъем питания; 6) разъем внутрисхемного программирования; 7) кнопка сброса. Контроллер программируется из интегрированной среды программного обеспечения Arduino (IDE). Программирование происходит под управлением резидентного загрузчика по протоколу STK500. Аппаратный программатор при этом не требуется. Arduino UNO программируется через разъем для внутрисхемного программатора ICSP, не используя загрузчик. Исходный код программы-загрузчика находится в свободном доступе. Arduino UNO R3 не использует для подключения к компьютеру мост USB-UART FTDI, т.к. данную функцию выполняет микроконтроллер ATmega16U2.

Пример 2. ОК Arduino Pro Mini построен на микроконтроллере ATmega168 и содержит: 1) 14 цифровых входов и выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 2) 6 аналоговых входов, 3) резонатор, 4) кнопку перезагрузки, 5) отверстия для монтажа выводов. Блок из шести выводов может подключаться к кабелю FTDI или плате-конвертеру Sparkfun для обеспечения питания и связи через USB. ATmega168 поддерживает последовательный интерфейс UART TTL. Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino позволяет посылать и получать текстовые данные через подключение USB. Библиотекой SoftwareSerial возможно создать последовательную передачу данных через любой из цифровых выводов Pro Mini.

Пример 3. ОК ATmega168 поддерживает интерфейсы I2C (TWI) и SPI. В Arduino включена библиотека Wire для удобства использования шины I2C. Для использования интерфейса SPI необходимо учитывать технические особенности микроконтроллера ATmega168.

Пример 4. ОК Arduino Pro Mini предназначен для временной установки в учебные объекты или демонстрационные экспонаты. Плата не содержит установленных выводов, что позволит обучаемым применять собственные выводы и разъемы. Расположение выводов совместимо с платформой Arduino Mini. На российском рынке представлены две версии платформы Pro Mini работающие: 1) при напряжении 3.3 В и частоте 8 МГц, 2) при напряжения 5 В и частоте 16 МГц.

Далее в зависимости от решаемых преподавателем и обучаемыми учебно-познавательных задач [13] преподаватель осуществляет обоснование и отбор основного и дополнительного оборудования [14] ОК Arduino, например выбирает: 1) Due – плату на базе ARM микропроцессора 32bit Cortex-M3 ARM SAM3U4E, 2) Leonardo – версию платформы Arduno на ATmega32u4 микроконтроллере с

разъемом microUSB, 3) Yun плату, с встроенной поддержкой WiFi на базе ATmega32u4 and the Atheros AR9331, 4) Micro – компактное решение на базе ATmega32u4, 5) Arduino Ethernet – контроллер со встроенной поддержкой работы по сети и с опциональной возможностью питания по сети с помощью модуля POE (Power over Ethernet), 6) Duemilanove или Diecimila – упрощенные базовые платформы Arduino USB, например Duemilanove с подключением через стандартный кабель USB, 7) Nano – компактную платформу, используемую как макет, которая подключается к компьютеру при помощи кабеля USB Mini-B, 8) Mega ADK – версию платы Mega 2560 с поддрежкой USB host интерфейса для связи с телефонами на Android и другими устройствами с USB интерфейсом, 9) Mega2560 – плату серии Mega на базе Atmega2560 и с использованием чипа ATMega8U2 для последовательного соединения по USB порту, 10) Mega – версию серии Mega на базе Atmega1280, 11) Arduino BT платформу с модулем Bluetooth для беспроводной связи и программирования, 12) LilyPad – мобильную платформу, которая может функционировать в мягких тканях, 13) Fio – платформу разработаную для беспроводного использования и содержащую разъем для радио XBee, разъем для батареи LiPo и встроенную схему подзарядки, 14) Mini – небольшую по размерам платформу Arduino, которая подключается к компьютеру при помощи адаптера Mini USB и может использоваться и как макетная модель и в проектах, где пространство является критическим параметром, 15) Адаптер Mini USB – плату, конвертирующую подключение USB в линии 5 В, GND, TX и RX для соединения например с ОК Arduino Mini или другими микроконтроллерами, 16) Pro – универсальную и доступную по цене платформу предназначенную для опытных обучаемых-пользователей, которая требует дополнительной сборки и компонентов, питается от аккумуляторной батареи, но может быть использована в больших проектах, 17) Pro Mini – также универсальную и доступную по цене платформу, разработаную для опытных обучаемых студентов-пользователей, например которым требуются меньшие размеры, дополнительная функциональность и низкая цена, 18) Serial – базовую платформу с интерфейсом RS232, например, для обучения школьников начальным навыкам программирования и коммуникаций, так как плата легко собирается и включает в себя базовые возможности проектирования (схемы и файлы CAD), 18) Serial Single Sided – платформу разработаную для ручной сборки, но несколько большими размерами, чем Diecimila, совместимую с платами расширения Arduino, 19) USB Serial Light – адаптер, позволяющий подключать платы Arduino к компьютеру для обмена

данными и заливки скетчей, адаптер удобен для программирования плат Arduino Mini, Arduino Ethernet и других, не имеющих разъема USB [15].

Заключение

Различные функциональные модули и платы расширения позволяют преподавателю и обучаемым изменять функциональность Arduino для управления в том числе различными внешними устройствами и устройствами получения данных: 1) WiFi используется для соединения с беспроводными сетями стандарта 802.11 b/g, 2) Xbee Shield, работает совместно с модулем Maxstream Xbee Zigbee и обеспечивает беспроводную связь нескольким устройствам Arduino в помещении в радиусе до 35 метров и до 90 метров вне помещения. 3) Motor Shield обеспечивает управление двигателями постоянного тока и чтения данных датчиков положения, 4) Ethernet Shield – подключение к интернету, 5) Boarduino (Adafruit Industries) позволяет использовать адаптеры типа USB-to-serial, например интерфейс-кабель FTDI USB-to-TTL-Serial [16, 17].

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Акселерация ИТ-компетенций пользователей цифровых экосистем на основе HIGH-HUME/HIGH-TECH технологий / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – 2018. – С. 135-137.

2. Абрамян, Г. В. Принципы преподавания информационных технологий на основе инструментов и средств HIGH-HUME/HIGH-TECH обучения / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – 2018. – С. 337-339.

3. Фокин, Р. Р. Метамодель обучения информационным технологиям в высшей школе [Текст] : монография / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский гос. ун-т сервиса и экономики. – Санкт-Петербург : СПбГУСЭ, 2011. – 211 с.

4. Абрамян, Г. В. Инфотелекоммуникационные проблемы, риски и угрозы высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов в науке и образовании стран БРИКС / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 663-667.

5. Абрамян, Г. В. Системы и технологии электронного обучения как потенциальные объекты риска информационно-образовательной среды вузов и школ Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Электронное обучение в вузе и школе РГПУ им. А. И. Герцена. – 2014. – С. 17-20.

6. Абрамян, Г. В. Таксономия, классификация и методология анализа целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях глобализации образования / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8-7. – С. 1647-1652.

7. Атаян, А. М. Основы информационных технологий : учебное пособие / А. М. Атаян, А. М. Гагоева. – Владикавказ, 2011. – 248 с.

8. Абрамян, Г. В. Особенности методики изложения основных понятий микроэлектроники для студентов педагогических специальностей / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин // Телекоммуникации, математика и информатика – исследования и инновации. – СПб. институт информатики и автоматизации РАН, 2003. – С. 23-29.

9. Воробьев, В. И. Об изучении современных технологий алгоритмизации и программирования в педагогическом вузе / В. И. Воробьев, Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Вестник Северо-Западного отделения РАО. – 1998. – № 3. – С. 170-176.

10. Катасонова, Г. Р. Технологии подготовки академических и прикладных бакалавров в условиях ФГОС ВО 3+ с учетом российских профессиональных стандартов / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Пермь, 2015. – С. 120-122.

11. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, Б. Т. Мозгирев // ЛГУ им. А. С. Пушкина. – СПб, 2004. – 99 с.

12. Фокин, Р. Р. Технические средства обучения и Hardware / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Телекоммуникации, математика и информатика – исследования и инновации. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 20-21.

13. Абрамян, Г. В. Система непрерывного образования в условиях информационной среды / Г. В. Абрамян // Педагогические чтения: философия, педагогика, образование. – СПб: Изд. ЛГОУ, 1997. – С. 62-65

14. Богатырев, В. А. Информационные системы и технологии. Теория надежности: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. А. Богатырев. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 318 с.

15. Абрамян, Г. В. Синергетический подход – основа развития ИКТ образования / Г. В. Абрамян // Региональная информатика-2008. – 2008. – С. 197.

16. Абрамян, Г. В. Возможности образовательных технологий в системе компьютерных коммуникаций / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. ЛГОУ. РГПУ им. А. И. Герцена. – СПб., 1999. – С. 58-60.

17. Павлова, Е. Е. Проектирование архитектуры предприятия вуза / Е. Е. Павлова, А. М. Атаян // Вопросы образования и науки – теоретический и методический аспекты. – Тамбов. – 2015. – С. 108-111.

Исследование особенностей работы с вещественными числами

С. О. Башарина, email: s_bash@inbox.ru
Г. В. Гаркавенко, email: g.garkavenko@mail.ru
Е. Р. Найденкина, email: ekaterinanaydyonkina@yandex.ru

Воронежский государственный педагогический университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается исследование особенностей представления вещественных чисел в компьютере, проводимое в рамках курса «Теоретические основы информатики» в ВГПУ, а также актуальные проблемы точности вычислений в компьютере.*

Ключевые слова: *исследовательская работа, представление вещественных чисел, мантисса, двоичная система счисления.*

Введение

В настоящее время особое внимание уделяется исследовательской работе студентов и школьников. Несомненно, она играет важную роль в процессе обучения на всех уровнях образования. Исследовательская деятельность позволяет формировать у обучающихся способности к креативному мышлению. Выпускники педагогического вуза должны обладать навыками организации учебно-исследовательской и проектной деятельности обучающихся. С целью формирования этих навыков у студентов, необходимо привлекать их в процессе обучения к исследовательской работе [1, 2]. Это позволит применять полученный опыт в дальнейшей профессиональной деятельности.

В рамках курса «Теоретические основы информатики» была сформулирована проблема, возникающая при работе с вещественными числами при программировании.

Ежегодно в рамках «Недели информатики» в ВГПУ проводится олимпиада [3]. При проведении первого тура олимпиады в 2018 году предлагалось ответить на вопрос задания приведенного на рис. 1. С математической точки зрения и в первом и во втором случаях программы должны давать на выходе слово «YES». Однако это не так, причем, в первом случае будет выдан ответ «NO», а во втором случае «YES». Мало кто из участников дал верный ответ на оба поставленных вопроса.

© Башарина С. О., Гаркавенко Г. В., Найденкина Е. Р., 2020

04. Is this the real life? Is this just fantasy?

Часть 1. Едва ли кто-нибудь, хотя бы поверхностно знакомый с алгеброй, будет оспаривать утверждение, что если из числа вычесть некоторое число, а затем его же добавить, то ничего не изменится. Не собираемся утверждать обратное и мы, и даже напишем небольшую программу чтобы это всем и навсегда доказать. Наша версия написана на PascalABC.NET, но это естественно особого значения не имеет. Итак, что выведет на экран приведенная программа? Если вы вдруг считаете, что в этом задании есть подвох (КОТОРОГО КОНЕЧНО ЖЕ НЕТ), и программа выведет что-то удивительное, обязательно объясните почему так может случится.

```
var a,b:real;
begin
  a:=11/9;
  b:=a;
  a:=a+10;
  a:=a-10;
  if a=b then writeln('YES')
         else writeln('NO');
end.
```

Часть 2

Ну а в этом случае?

```
var a,b:real;
begin
  a:=11/9;
  b:=a;
  a:=a+5;
  a:=a-5;
  if a=b then writeln('YES')
         else writeln('NO');
end.
```

Рис. 1. Пример задания олимпиады ВГПУ по информатике 2018

Да и ответ «из-за представления вещественных чисел в компьютере» не дает полного понятия о том, по какой причине так получается и почему в разных ситуациях ответ различный. Неверно и то, что это только из-за того, что переменная *a* задана дробью 11/9, которая является бесконечной периодической дробью и происходит её округление. Ведь такие же ответы мы получим при значении переменной *a* равном конечной десятичной дроби 2.71. А вот при *a*=2.36 ответы будут «NO» в обоих случаях.

2. О представление вещественных чисел в компьютере

Итак, перед студентами была поставлена задача: исследовать проблему точности вычислений при работе с вещественными числами, найти причину отклонения от точных математических значений. Для этого надо было выявить зависимость точности вычислений от внутреннего представления вещественных чисел в компьютере.

Представление вещественных чисел в компьютере осуществляется в соответствии со стандартом IEEE 754—2008. Наибольшее применение в программировании и проводимых расчётах получили типы данных float (32 бита) и double (64 бита). Для хранения в памяти вещественное

число должно быть переведено в двоичную систему счисления и нормализовано, то есть приведено в виду $\pm M \cdot 2^E$, где M – мантисса, удовлетворяющая условию $1 \le M < 2$, E – порядок. Например:

$$5{,}375_{10} = 101{,}011_2 = 1{,}01011_2 \cdot 2^2$$

В стандарте IEEE 754–2008 все биты, предназначенные для хранения вещественного числа, разбиваются на три группы: первый бит хранит знак числа, группа бит для хранения смещенного порядка и оставшиеся биты для хранения мантиссы. Наибольший интерес с точки зрения работы с вещественными числами представляет мантисса. Для 32-х битных чисел под мантиссу отводится 23 бита, для 64-х битных чисел под мантиссу отводится 52 бита [4, 5].

Исследуем работу с вещественными числами, имеющими формат double. Рассмотрим, работу программы, написанной на C++ [6].

Листинг 1

Сравнение вещественных чисел

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    double a = 11/9.0;
    int n = 5;
    double b = a + n;
    b = b - n;
    if(a==b) cout<<"YES";
    else cout<<"NO";
    return 0;
}
```

Таблица 1

Результаты работы программы

Исходное число a	**n = 5**	**n = 10**
11/9.0	YES	NO
11/7.0	NO	NO
2.71	YES	NO
3.71	NO	NO
1.08	YES	YES
1.375	YES	YES

Понятно, что такие результаты связаны с представлением вещественных чисел в компьютере, но надо попытаться выяснить каким образом это происходит.

3. Двоичная форма представления вещественных чисел

На любом отрезке числовой оси вещественных чисел бесконечно много, а в машинном представлении количество чисел определяется отведенным для их записи количеством бит [4].

Для анализа полученных результатов необходимо посмотреть двоичное представление исследуемых вещественных чисел. При переводе рассматриваемых чисел в двоичную систему счисление производился отдельно перевод целой части, посредством вычисления остатка от деления на 2, и дробная часть с помощью умножения на 2.

Листинг 2

Функция перевода целого числа в двоичную систему счисления

```
string Z(int n, int &k)
{
    string number="";
    k=0;
    while(n)
    {
       if(n%2==1) number="1"+number;
       else number="0"+number;
       n=n/2;
       k++;
    }
    return number;
}
```

Переменная *k* используется для подсчета количества цифр в двоичном представлении числа.

Листинг 3

Функция перевода дробной части числа

```
string R(double a, int k)
{
    string number = "";
    int i=0;
    while(i<M - k)
    {
       a = a*2;
       if(a>=1) number = number + "1";
       else number = number + "0";
       a = a - int(a);
       i++;
    }
    return number;
}
```

M – количество бит в мантиссе, зависит от используемого типа данных. Поскольку число нормализуется, то в целой части остается одна

цифра 1, а после запятой для типа double 52 двоичные цифры. Следовательно, у дробной части числа надо вычислить такое количество цифр, чтобы вместе с количеством цифр целой части минус 1, они образовывали 52 двоичные цифры мантиссы. Результаты преобразований для чисел *a*, *b=a+n*, *b-n* приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Двоичное представление вещественных чисел

Число	**Двоичное не нормализованное представление**
a=11/9	1.00111000111000111000111000111000111000111000111100100
b=a+5	110.00111000111000111000111000111000111000111000111001
b – 5	1.00111000111000111000111000111000111000111000111100100
b=a+10	1011.00111000111000111000111000111000111000111100011100
b – 10	1.00111000111000111000111000111000111000111000111100000

В двоичном представлении в рассматриваемом формате исходное число имеет в конце два нуля, а соответственно сдвиг на две позиции при нормализации не повлияет на значение дробной части этого числа. Поэтому при добавлении к a=11/9 чисел 1, 2, 3, 4, 5, 6 изменения дробной части числа не произойдет, так как целая часть будет меньше 8. А при добавлении чисел 8, 9, … целая часть будет содержать более трех двоичных чисел в целой части и при нормализации будет потеряно три или более последних двоичных цифр числа, а значит незначительно, но изменится дробная часть. При вычитании добавленного значения и нормализации целая часть вернется к первоначальному виду, а вещественная нет, вместо утерянных единиц будут нули.

Рассмотрим другое число a=1.08

Таблица 3

Двоичное представление вещественного числа 1.08

Число	**Двоичное не нормализованное представление**
a=1.08	1.00010100011110101110000101000111101011100001010010 00
b=a+5	110.00010100011110101110000101000111101011100001010010
b – 5	1.00010100011110101110000101000111101011100001010010 00
b=a+10	1011.00010100011110101110000101000111101011100001010010
b – 10	1.00010100011110101110000101000111101011100001010010 00

В этом случае три последних цифры исходного числа равны 0, поэтому программа из Листинга 1, даже при добавлении к числу *a* числа 10 даёт ответ «YES».

При преобразовании числа 1.375 в двоичной системе счисления получается конечная двоичная дробь, которая устойчива даже к большим изменениям.

4. Пример работы с вещественными числами

В ходе проведенного исследования, было выявлено как представления вещественных чисел оказывает влияние на сравнение вещественных чисел. Рассмотрим пример программы, которая по заданным тремя вещественными числами сторонам треугольника должна определить является ли треугольник прямоугольным [6]. Пусть стороны треугольника заданы числами 1.2, 3.5, 3.7. По теореме Пифагора $(1.2)^2 + (3.5)^2 = (3.7)^2$, и с математической точки зрения это равенство выполняется. Но программа, приведенная в Листинге 4 выдает «NO».

Листинг 4

Программа определения является ли треугольник прямоугольным

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    double a, b, c, s;
    a = 1.2;
    b = 3.5;
    c = 3.7;
    s = a*a + b*b;
    if(s==c*c) cout<<"YES";
    else cout<<"NO";
    return 0;
}
```

При сравнении вещественных чисел вместо s==c*c лучше написать abs(s-c*c)<0.00000001, тогда результат сравнения будет верным.

Заключение

Числа, представленные в формате IEEE 754–2008 образуют конечное множество, на которое отображается бесконечное множество вещественных чисел. По этой причине происходит «усечение» дробной части числа до количества разрядов, соответствующих выбранному формату, то есть исходное число может быть представлено в формате IEEE 754–2008 с ошибкой.

Кроме того, выполнение действий с вещественными числами и их нормализация приводят к изменению дробной части числа при нормализации. При программировании это не зависит от выбранного языка программирования, и надо данный факт учитывать.

Список литературы

1. Гаркавенко, Г. В. Об изучении оценки вычислительной сложности алгоритмов / Г. В. Гаркавенко, Е. О. Савенкова // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы Материалы XII Региональной научно-практической конференции. Научный редактор В. В. Малев. (Воронеж, 28 марта 2018 г.) – Воронеж, 2018. – С. 46-50.

2. Башарина, С. О. Организация курса "Проектная деятельность в образовании" / С. О. Башарина // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы Материалы X Региональной научно-практической конференции. (Воронеж, 29 марта 2016 г.) – Воронеж, 2016. – С. 24-27.

3. Гаркавенко, Г. В. Олимпиада по информатике в ВГПУ как средство популяризации предмета среди обучающихся / Г. В. Гаркавенко, Е. А. Кубряков// Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики сборник трудов Международной научной конференции (Воронеж, 17-19 декабря 2018 г.) – Воронеж, 2019. – С. 1393-1398.

4. Стариченко Б. Е. Теоретические основы информатики/ Б. Е. Стариченко. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2016. – 400 с.

5. Яшкардин, В. IEEE 754 – стандарт двоичной арифметики с плавающей точкой [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://softelectro.ru/teoriy.html

6. Гаркавенко, Г. В. О проблемах преподавания языков программирования в педагогическом вузе / Г. В. Гаркавенко, Е. А. Кубряков// Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образованииматериалы XVIII Международной школы-конференции. – Воронеж, 2018. – С. 17-22.

Проблемность в обучении

О. О. Жакбаров, e-mail: jakbarovodiljon@gmail.com [1]
А. В. Дехконов, e-mail: quyosh0817@inbox.ru [1]
М. Ж. Турдалиева, e-mail: turdalieva@gmail.com [2]

[1] Наманганский инженерно-строительный институт
[2] Наманганский государственный университет

Аннотация. *В этой статье рассмотрены типы проблемных ситуаций, проектирование ситуации, главные правила создания педагогических ситуаций, проблемные ситуации: понятие и типы, способы и правила создания и постановка проблемных задач, а также основных логических и дидактических правил.*

Ключевые слова: *проектирование, занятие, ситуация, модель, метод, информационные системы, структура.*

Введение

Проблемность в обучении – самое главное, что помогает поднять качество обучения, пробудить интерес у студентов, улучшить понимание ими материала, облегчить его запоминание.

1. Проблемные ситуации

Типы проблемных ситуаций:

1 тип – студенты не знают способа решения задачи (задания), не могут ответить на проблемный вопрос – нет знаний. Это ситуации, построенные на незнании или недостаточности знаний у студентов для объяснения нового факта;

2 тип – студенты поставлены в новые условия решения задачи (задания, вопроса), а располагают лишь старыми знаниями, т.е. ситуации, в которых ранее полученные знания применяются в новых условиях;

3 тип – у студентов возникают противоречия между теоретически возможным путем решения задачи и практической неосуществимостью избранного способа;

4 тип – у студентов возникают противоречия между практически достигнутым результатом выполнения задания и отсутствием знаний для его теоретического обоснования.

При разрешении педагогических вопросов, задач, заданий у студентов непременно возникает состояние интеллектуального

© Жакбаров О. О., Дехконов А. В., Турдалиева М. Ж., 2020

затруднения. Препятствие для хода мысли – это и есть проблемная ситуация [1].

Проектирование ситуаций – осуществляется мысленно, в виде методических карточек обеспечения занятия, в форме конспекта занятия поэтапно:

I этап – актуализация знаний. Сюда включаются ситуации, полностью базирующиеся на ранее усвоенном материале, формирующие новые понятия, обобщенные выводы и суждения. На первом этапе ставится проблема и анализируются условия ее разрешения.

II этап – формирование новых понятий и способов действия (включаются любые ситуации). На втором – отыскиваются источники и способы разрешения проблемы, происходит ее разрешение.

III этап – формирование умений и навыков, т.е. этап применения знаний (ситуации обобщения знаний, обобщения способов взаимодействия с техническими объектами). На третьем этапе получается результат и проводится анализ правильности разрешения проблемы.

Проектируя ситуацию, нужно определить место, время, способ создания педагогической ситуации, установить участников взаимодействия, сформулировать противоречия и проблему. Постановка и решение проблемы сливается в один процесс.

При проектировании педагогических ситуаций нужен системный подход. Создавать следует не отдельную ситуацию, а комплексы ситуаций, в работе применять системы педагогических ситуаций.

Главные правила создания педагогических ситуаций:

– не навредите студенту, не провоцируйте проявление негативных качеств личности, отношений;

– создавайте позитивные, стимулирующие воспитательные отношения с ориентацией на студента;

– не проектируйте жестко каждый шаг, мысли, чувства студентов и оставляйте «закрытые зоны», предоставляя студенту самому решать часть проблем, оставляя за ним право на самостоятельность.

Далеко не все ситуации можно и нужно проектировать. В педагогическом процессе всегда должно быть место для импровизации. Педагогическая импровизация – интуитивно-логический процесс создания и исполнения педагогически значимых элементов творческой деятельности.

Проблемные ситуации: понятие и типы, способы и правила создания. Независимо выбора метода изложения материала и организации учебного процесса, в основе при проблемном обучении

лежит последовательное и целенаправленное создание проблемных ситуаций, мобилизующих внимание и активность учащихся. Форма представления проблемных ситуаций аналогична применяющейся в традиционном обучении: это учебные задачи и вопросы. Вместе с тем, если в традиционном обучении эти средства применяются для закрепления учебного материала и приобретения навыков, то в проблемном обучении они служат предпосылкой для познания. В связи с этим, одна и та же задача может являться или не являться проблемной, в зависимости, в первую очередь, от уровня развития учащихся. Задача становится проблемной, если она носит познавательный, а не закрепляющий, тренировочный характер. Все это и определяет характер проблемного обучения как развивающего. Если использовать терминологию Л. С. Выготского [2], то проблемная ситуация может находиться в «зоне ближайшего развития», когда учащийся может разрешить ее только на границе своих возможностей, при максимальной активации своего интеллектуального, творческого и мотивационного потенциала. М. И. Махмутов определяет проблемную ситуацию как интеллектуальное затруднение человека, возникающее в случае, когда он не знает, как объяснить возникшее явление, факт, процесс действительности, не может достичь цели известным ему способом, что побуждает человека искать новый способ объяснения или способ действия [1]. Поэтому проблемной можно назвать ту ситуацию, когда учащийся не может объяснить для себя объективно возникающее противоречие, не может дать ответов на объективно возникающие вопросы, поскольку ни имеющиеся знания, ни содержащаяся в проблемной ситуации информация не содержат на них ответов и не содержат методов их нахождения. С точки зрения психологии это и служит предпосылкой для появления мыслительной активности по выявлению и решению проблем. При этом, как уже отмечалось, проблемная ситуация будет иметь дидактический характер, только если она находится в зоне ближайшего развития, то есть, создавая значительные трудности, все-таки объективно может быть разрешена учащимися. Проблемные ситуации обычно классифицируются по различным критериям: по направленности на поиск новых знаний или способов действия, на выявление возможности применения известных знаний и способов в новых условиях и т.д.; по уровню проблемности в зависимости от того, насколько остро выражены противоречия; по дисциплинам и предметам, в которых допустимо применение тех или иных проблемных ситуаций и так далее. Наиболее функциональной и распространенной является разделение проблемных ситуаций по характеру содержательной стороны противоречий на четыре типа,

которые, по мнению М.И. Махмутова, являются общими для всех учебных предметов:

– недостаточность прежних знаний учащихся для объяснения нового факта, прежних умений для решения новой задачи;

– необходимость использовать ранее усвоенные знания и (или) умения, навыки в принципиально новых практических условиях;

– наличие противоречия между теоретически возможным путем решения задачи и практической неосуществимости выбранного способа;

– наличие противоречия между практически достигнутым результатом выполнения учебного задания и отсутствием у учащихся знаний для его теоретического обоснования.

Джон Дьюи, считающийся основоположником американской педагогики и одним из идеологов популяризации проблемного обучения, предлагал различные способы создания проблемных ситуаций: подведение детей к противоречию и предложение им самим найти решение; столкновение с противоречием практической деятельности; изложение различных точек зрения на один и тот же вопрос; предложение рассмотреть явление с различных позиций; побуждение делать сравнения, обобщения, выводы.

Заключение

Если рассматривать проблемное обучение более широко, то необходимо признать актуальными и постановку таких проблемных ситуаций, которые возникают в реальной жизни за рамками известного пока науке, и для которых нет однозначного ответа и у самого педагога. То есть, на взгляд автора, как важный и в некоторых случаях необходимый элемент проблемного обучения можно применять такие проблемные ситуации, которые находятся в зоне актуального изучения того или иного предмета, что способствует большей свободе учащихся и повышает их творческую активность. Для достижения максимальной эффективности учебного процесса постановка проблемных задач должна осуществляться с учетом основных логических и дидактических правил: отделения неизвестного от известного, локализации (ограничения) неизвестного, наличия в формулировке проблемы неопределенности, определения возможных условий для успешного решения и т.д. Необходимо учитывать психологические особенности усвоения материала, уровень подготовки учащихся, их мотивационные критерии. В связи с этим, можно сформулировать следующие правила создания проблемных ситуаций. Во-первых, проблемные ситуации обязательно должны содержать посильное познавательное затруднение. Решение задачи, не содержащей познавательного затруднения,

способствует только репродуктивному мышлению и не позволяет достигать целей, которые ставит перед собой проблемное обучение. С другой стороны, проблемная ситуация, имеющая чрезмерную для учеников сложность, не имеет существенных положительных последствий для их развития, в перспективе снижает их самостоятельность и приводит к демотивации учащихся. Во-вторых, хотя проблемная ситуация и имеет абстрактную ценность – для развития творческих способностей учащихся, но наилучшим вариантом является совмещение с материальным развитием: усвоением новых знаний, умений, навыков. С одной стороны, это служит непосредственно образовательным целям, а с другой стороны и благоприятствует мотивации учащихся, которые осознают, что их усилия в итоге получили определенное выражение, более осязаемое, нежели повышение творческого потенциала. И в-третьих, проблемная ситуация должна вызывать интерес учащихся своей необычностью, неожиданностью, нестандартностью. Такие положительные эмоции, как удивление, интерес служат благоприятным подспорьем для обучения. Одним из самых доступных и действенных методов достижения этого эффекта служит максимальное акцентирование противоречий: как действительных, так и кажущихся или даже специально организованных преподавателем с целью большей эффектности проблемной ситуации [3–5].

Список литературы

1. Махмутов, М. И. Организация проблемного обучения в школе [Текст] / М. И. Махмутов. – Москва : Просвещение, 1977. – 240 с.

2. Ахутина, Т. В. Выготский: культурно-исторический и естественнонаучный подходы к интериоризации / Т. В. Ахутина // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. – 2004. – № 3. – С. 41-56.

3. Хуторской, А. В. Компетентностный подход в обучении. Научно-методическое пособие / А. В. Хуторской. – М.: Издательство «Эйдос»; Издательство Института образования человека, 2013. – 73 с.

4. Норматов, А. О применении информационных технологий в уроках информатики / А. Норматов [и др.] // Образование и воспитание. – 2017. – №2. – С. 12-14. – Режим доступа : https://moluch.ru/th/4/archive/56/2075/

5. Жакбаров, О. О. Этапы создания учебных мультимедийных средств / О. О. Жакбаров, Э. Косимов, Д. Х. Жакбарова // Молодой ученый. – 2017. – №9. – С. 324-326. – Режим доступа : https://moluch.ru/archive/143/40213/

Изучение возможностей программы GoogleSketchUpwen на практических занятиях

О. О. Жакбаров, e-mail: jakbarovodiljon@gmail.com [1]
Д. Х. Жакбарова, e-mail: jakbarova@gmail.com [2]

[1] Наманганский инженерно-строительный институт
[2] Средняя школа №7, г. Наманган

Аннотация. *В этой статье разработана сценарий тематического исследования использования программы GoogleSketchUpWEN на практических занятиях. На основании полученных результатов приведённый опыт рекомендуется применять преподавателями информатики в образовательной системе.*

Ключевые слова: *практическое занятие, сценарий, модель, метод, программа, контент, информационные системы, структура.*

Введение

7 февраля 2017 года Президент Республики Узбекистан Ш. Мирзиёев издал Постановление об организационных мерах по реализации Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы. В частности, в разделе Стратегии действий по совершенствованию государственной молодежной политики: «воспитание физически здоровых, умственно и интеллектуально развитых, самостоятельно мыслящих, трудолюбивых молодых людей, преданных Родине, повышение их социального участия в процессе углубления демократических реформ и развития гражданского общества; привлечение выпускников средних специальных, профессиональных и высших учебных заведений к трудоустройству и частному предпринимательству…» уделяется особое внимание.

В этой статье мы рассмотрим сценарий для работы с программой GoogleSketchUpWEN, которая предназначена для повышения эффективности практического занятия.

1. Разработка моделей

В этой работе мы разработаем сценарий урока для работы с программой GoogleSketchUpWEN [1, 2] с конкретными идеями по технологии для автоматизации курса.

© Жакбаров О. О., Жакбарова Д. Х., 2020

Приведем последовательность урока в порядке, представленном в таблице.

Таблица 1

Структура сценария практического обучения

Время	**Этапы**	**Деятельность учителя**	**Деятельность ученика**	**Ожидаемый результат**
	Подготовка	Определяет цель и результаты занятия, определяет критерии оценки. Подготовить необходимые учебные материалы, к практическому занятию и проверить посещаемость.	Обзор учебных пособий и подготовка к обучению.	Готовность к практическому занятию.
5 мин.	Введение	GoogleSketchUpWEN задает вопросы по устранению неполадок и оценивает ответы.	Желающие отвечает на вопросы.	Блиц-опрос и ответы увеличивают уровень знаний предмета.
30 мин.	Основная часть	Обобщает вопросы, полученные от слушателей. Проводится разъяснительная работа по использованию трехмерного графического инструмента GoogleSketchUpWEN.	Записывают необходимую информацию и изучают последовательность работы с GoogleSketchUpWEN.	Возникают представления о программе GoogleSketchUpWEN.

Окончание табл. 1

Время	Этапы	Деятельность учителя	Деятельность ученика	Ожидаемый результат
10 мин.	Основная часть	Задаёт контрольные вопросы о программном обеспечении GoogleSketchUpWEN.	Отвечать на задаваемые вопросы.	Закрепляет полученные знания.
10 мин.	Основная часть	Анализировать и сообщать результаты.	Слушают.	Повышается активность.
10 мин.	Основная часть	Разделение учеников на несколько групп, задаётся задание создания типов объектов с использованием многомерных графических инструментов.	Каждая подгруппа рисует сетевую форму, основанную на концепциях, усвоенных на уроке, и получает баллы.	Проверка степени освоенности новой темы.
10 мин.	Основная часть	Выявляет результаты соревнования и объявляет победителя.	Слушают.	Повышается активность.
5 мин.	Завершение	Завершается урок и даётся домашнее задание	Слушают и задают вопросы по непонятым аспектам новой темы.	Углубленное изучение темы в результате выполнения задания.

Использование интерактивного метода «аналитического мышления» в процессе обучения является успешным и осуществляется в три этапа: постановка задачи, осознание и рассуждение. Они дополняют друг друга и всегда ведут к целостному, значимому

результату. Во время фазы постановки задачи идеи студентов объединяются с использованием стратегии «синквейн». Например, давайте определим одно из ключевых слов «объект»:

1. объект (что? – существительное);
2. два, три (сколько? - числительное);
3. рисует, раскрашивает, двигается (что это делает? - глагол);
4. надежный, быстрый, простой, легкий (что приходит вам на ум?);
5. изображение (синоним).

На стадии понимания существует связь между полученными знаниями на предыдущем этапе и новыми знаниями. На этой стадии обучения рекомендуется метод кластера. Он включает в себя мозговой штурм по ключевым понятиям, связанным с предметом, и собранная информация идентифицируется и группируется так, как представлено на рисунке.

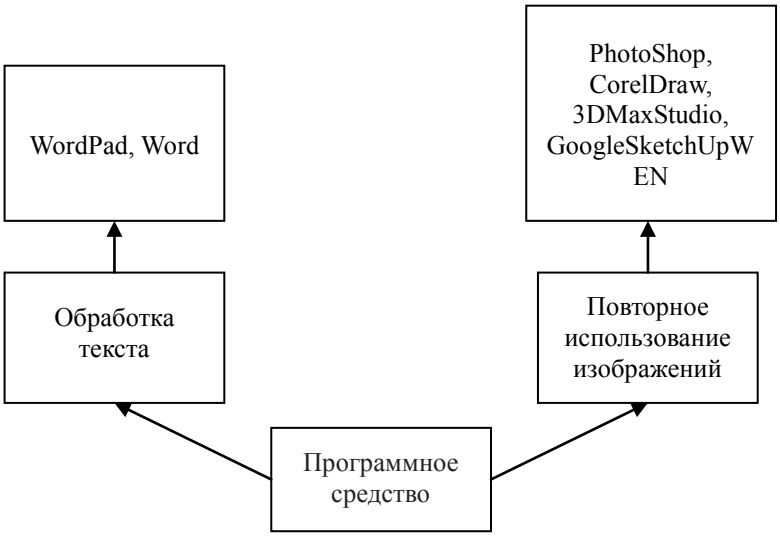


Рисунок. Фрагмент метода кластера.

Диагностическая стратегия «Венн диаграмма» используется при отсутствии полноты знаний учащихся. Она путем приобретения общих черт или характеристик для каждого из них способствует развитию мышления.

Таблица 2

Сравнительный анализ

Photoshop	**Общие характеристики**	**GoogleSketchUpWEN**
– двухмерное изображение; – анимация ограниченна.	– программное средство; – создание изображения; – обработка.	– трехмерное изображение; – возможности анимационных демонстраций широко применимы; – создавать изображения легко и удобно в процессе обучения.

Вышеупомянутые задачи по развитию аналитического мышления даются после разделения студентов на группы.

Заключение

Активность и изобретательность каждой группы поощряются в конце занятия. После анализа всех соответствующих концепций «Движущий объект в программе GoogleSketchUpWEN» предоставляются студентам в качестве самостоятельных заданий. После объяснения студентам темы «Работа с GoogleSketchUpWEN» учитываются и обобщаются. После этого студенты готовы к практическому применению всей полученной информации.

Студентам будут даны типовые вопросы и задания для самостоятельной работы, и далее ведётся работа с каждым учащимся индивидуально.

Список литературы

1. Тозик, В. Т. Самоучитель SketchUp / В. Т. Тозик, О. Б. Ушакова. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 192 с.

2. Петелин А. Ю. 3D-моделирование в Sketch Up 2015 – от простого к сложному. Самоучитель / А. Ю. Петелин. – ДМК-Пресс, 2015. – 370 с.

Организация занятий по обучению создания веб-страниц в программе a4deskpro на основе современных информационных технологий

О. О. Жакбаров, email: jakbarovodiljon@gmail.com [1]
И. Рахимов, email: rahimov66@umail.uz [2]
М. А. Норматов, email: azizbek_0109@mail.ru [1]

[1] Наманганский инженерно-строительный институт, г. Наманган, Узбекистан
[2] Региональный центр переподготовки и повышения квалификации работников народного образования, г. Наманган, Узбекистан

Аннотация. *В статье рассматривается важнейшие задачи по формированию самостоятельного мышление, развития и возможности по обучению создание web-страниц в процессе использование современных информационных технологии по предмету web-программирование в высших учебных заведениях. Как в следствие в процессе занятий у учащихся расширяется логическое мышление, нами использованы полученные результаты проведённых исследований в учебный процесс, а также отражена практика и пути решения возникающих проблемы.*

Ключевые слова: *web-страница, сайт, браузер, программные средства, ссылка, современные информационные технологии, компьютер, мультимедиа, гиперссылка, связывание.*

Введение

Безусловно, для каждого урока цели обучения ставятся первыми. Однако для достижения практических целей необходимо использовать в основном таксономию Блюма [1]. Ниже разработаем конкретную тему, цели обучения, план обучения и сценарий его проведения.

1. План урока на тему «Создание веб-страницы в A4DeskPro»

Будем рассматривать тему «Создание веб-страницы в A4DeskPro».

Цели урока.

1. Образовательные задачи:

– развить у студентов понимание и навыки работы с программой A4DeskPro;
– предоставить подробную и полную информацию о возможностях программного обеспечения A4DeskPro;

© Жакбаров О. О., Рахимов И., Норматов М. А., 2020

– развитие навыков работы с программой A4DeskPro

2. Воспитательные задачи:

– развить самостоятельность и чувство ответственности в работе за компьютером;
– научить студентов создавать, декорировать страницы и привить эстетическое восприятие.

3. Развивающие задачи:

– повысить интерес студентов к изучению A4DeskPro в целом;
– развивать внимание и креативность студентов при работе с прикладными программами.

Вид урока: практическое занятие

Учебное оборудование: учебники, компьютер, дидактические материалы, программное обеспечении. Текст лекции по теме. Раздаточный материал (различные листы с задачами, игровые карточки) [2].

Методы обучения:

– лекция;
– разъяснение, демонстрация;
– фронтальный опрос;
– задание.

Распределение времени урока:

– организационная часть (5 мин);
– повторение (15 мин);
– практическая часть (35 мин);
– демонстрация наработок видеоурока (15 мин);
– завершение урока (10 мин).

Цели обучения. В результате овладения студентом предмета должны быть достигнуты следующие цели обучения.

1. В сфере когнитива (должен знать)

– получение представлений о языке;
– возникновение представления о программе A4DeskPro при создании web-страниц;
– получение информации о возможностях программы A4DeskPro при создании программ;
– преимущества программы A4DeskPro при создании web-страниц;
– возможности программы A4DeskProпри демострации созданных web-страниц;
– изменение дизайна web-страниц с помощью программы A4DeskPro и её возможности;
– представление возможностей эффекта программы A4DeskPro;

– ознакомление с программой A4DeskPro;
– разъясняется классификация программы.

2. В сфере психомотра

– может создавать web-страницы;
– способен сохранять web-страницы и менять название файла;
– способен обозначать название файла;
– способен вносить специальные изменения в программу;
– способен создавать специальные страницы с помощью программы A4DeskPro;
– может добавлять специальные эффекты с помощью программы A4DeskPro;
– способен осуществлять редактирование с помощью специальных эффектов программы A4DeskPro;
– может использовать редактирование;
– способен изменять параметры программы.

3. В сфере аффектива (в эмоциональном плане)

– понимание возможностей создания страниц;
– понимание простоты программы A4DeskPro;
– чувствует удобство использования программы A4DeskPro;
– в процессе создания страницы почувствовать себя совершенным и уникальным;
– программа A4DeskPro позволяет почувствовать облегчение труда программиста;
– позволяет почувствовать саму программу A4DeskPro;
– понимание возможностей программы A4DeskPro;
– понимание легкости в использовании программы A4DeskPro;
– почувствовать возможность программы A4DeskPro для достижения большего эстетического эффекта.

Ход урока.

1. Организационная часть: приветствие, проверка посещаемости, состояние класса, новости. Вовлечение учеников в урок. Этот этап является подготовительным этапом обучения, который контролирует готовность студента к обучению, психологическая готовность группы к обучению, её адекватность, подготовка необходимых инструментов для практического обучения.

2. Повторение пройденной темы. Класс делится на группы (2 или 3). Заполнение анкеты в форме конкурса, тиражирование теоретического материала, фронтальный опрос.

3. Отметить теоретический материал: студенты и преподаватели, которые имеют полное понимание целей обучения, предпримут действия для их достижения, то есть для полного понимания предмета.

Хорошо известно, что основой критического мышления в программе RWCT являются следующие фазы: вызов, осознание и понимание (ВОП).

Три этапа фазы вызова – определить знания учащегося о новой проблеме, активировать ее и полностью проинформировать ученика о цели занятия.

На основании фазы одной из тем один из интерактивных методов поощрения (по Блуму). Этот метод позволяет определить уровень знаний студента. Далее он определяет цель данной темы. Основываясь на данный методе, преподаватель может задать следующие вопросы:

– мнение о концепции создания страницы программы A4DeskPro?

– что вы думаете о программах по созданию страниц?

– приведите примеры приложений для создания страниц?

– все программы, предназначенные для создания страниц можно назвать A4DeskPro?

– какое программное обеспечение для создания страниц вы знаете?

Понимание – это вторая фаза мышления. Наиболее важной задачей этого этапа является получение нового понимания темы. На этом этапе важно следовать их концепциям. Для этой фазы целесообразно использовать метод диаграммы Венна. Диаграмма Венна состоит из двух или более пересекающихся кругов. Сходство тем указывается в области пересечения двух кругов. Различия указываются в оставшихся областях. Это требует, чтобы студент проанализировал тему.

Студент заполняет свои идеи в виде таблице, представленной ниже. Количество идей не ограничено. Чем больше идей, тем успешнее выполнено задание.

Таблица

Сравнение программного обеспечения для создания web-страниц

Программа A4DeskPro	Общие аспекты	Программа FrontPage
– занимает меньше места на компьютере; – лучше работает с компьютером в системе; – страницы быстро запускаются; – меньший объём; – лицензионное ПО.	– сохранение в форме файла; – имеет расширение; – имеет название.	– устанавливается отдельно на компьютер; – специфично для создания страницы; – имеет большой размер.

Есть много способов контролировать студента, который освоил предмет. Например, игры, различные тесты, кроссворды, элементы управления на основе ключевых слов и так далее.

Также можно использовать один из интерактивных методов, специфичных для стадии мышления. В частности, разделение на кластеры может использоваться для стимулирования мышления на этапах призвания, понимания и рассуждения. В основном, это поощряет новые идеи и новое мышление по определенной теме. Ключевое слово по теме будет поставлено в центре, а вокруг него будут написаны слова, связанные с ним. Написание слов следует в определённой последовательности. Пример представлен на рисунке.

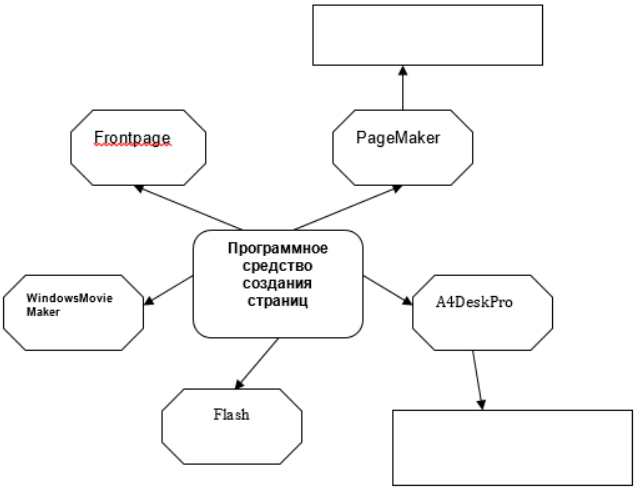


Рисунок. Разделение на кластеры

При планировании домашней работы следует учитывать следующее:

- необходимо планировать время и объем домашних заданий, чтобы ученики чувствовали себя комфортно;
- необходимо выбирать устные, письменные, теоретические, практические задания разных типов;
- необходимо предоставить информацию о том, как подготовить домашнее задание, дополнительные ресурсы: учебники, учебные пособия.

Заключение

В конце урока учитель должен сообщить о результатах, кратко пересмотреть курс, поощрить активных учеников и задать домашнее задание. Предложения и инструкции по выполнению домашней работы должны быть классифицированы. После этого обучение закончится. Таким образом, следует сделать вывод, что эффективное обучение в классе гарантирует, что цели достигнуты, и что студенты получают твердые знания.

Список литературы

1. Кларин, М. В. Педагогическая технология в учебном процессе : (Анализ зарубеж. опыта) / М. В. Кларин. – М. : Знание, 1989. – 75 с.
2. A4DeskPro Flash Website Builder [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.a4deskpro.com/

Ментальные карты как способ организации деятельности учащихся на уроках информатики

О. А. Завьялова, e-mail: ooolga30@gmail.com
А. В. Пешненко, e-mail: alya.peshnenko05@gmail.com

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

Аннотация. *В статье описаны инструменты создания ментальных карт, рассмотрена организация урока информатики по теме «Программное обеспечение» с использованием ментальной карты, даны методические рекомендации по использованию ментальных карт на уроках разных типов.*

Ключевые слова: *ментальная карта, интеллект-карта, mind map, методика обучения информатике.*

Введение

В современных условиях в российской школе кардинально изменяется подход к образовательной деятельности как на уровне использования цифровых технологий, так и на уровне методов обучения. В Федеральном государственном образовательном стандарте делается большой акцент на самостоятельной деятельности учащихся при рассмотрении как практических, так и теоретических вопросов, на умение применить полученные знания в различных жизненных и учебных ситуациях.

Одним из способов организации самостоятельной активной деятельности учащихся на уроке является работа с конспектами. Однако стандартный конспект, где большое количество информации представлено сплошным текстом весьма трудно воспринимается подростками. В первую очередь это связано с тем, что у современных школьников преимущественно развито клиповое мышление, предполагающее усвоение информации через короткие яркие образы и послания, динамичные видеоклипы, новостные ленты и схемы.

Исходя из этого, именно схема будет являться наиболее рациональным и доступным методом изложения конспекта, усвоения и запоминания большого материала не в ущерб содержанию. Но из всего многообразия схем выделен особый класс, который иначе называется ментальные карты или интеллект-карты (от англ. mind-map).

© Завьялова О. А., Пешненко А. В., 2020

Ментальные карты – это графический способ систематизации знаний и представления информации с помощью схем. Методика использования ментальных карт или mind mapping заключается в визуализации – сопровождении мыслительного процесса рисованием блок-схем, в которых фиксируются новые мысли, заключения, переходы и связи между ними. При этом методе активно включается в работу правое полушарие мозга, ответственное за творческую деятельность и креативное мышление, которое в повседневной жизни часто находится в заторможенном состоянии [1].

Методика использования ментальных карт на уроках способна облегчить понимание и запоминание школьниками учебных материалов, а также способствовать развитию у них творческих способностей, умений выделять главные мысли и структурировать их.

1. Инструменты создания ментальных карт

В основе построения интеллект-карт лежат шесть законов, соблюдение которых позволяет наиболее полно и всесторонне представить комплекс ассоциаций, связанных с центральным понятием: "Используйте эмфазу (от греч. emphasis – выразительность). Ассоциируйте. Стремитесь к ясности в выражении мыслей. Вырабатывайте собственный стиль. Соблюдайте иерархию мыслей. Используйте номерную последовательность в изложении мыслей" [2].

Составление ментальных карт, диаграмм, опорных схем – приемы, способствующие визуализации процесса мышления, действенность которых подтверждается педагогами различных учебных предметов, использующих их на своих уроках. Их действенность увеличивается, если реализовывать их с использованием компьютерных технологий.

Создавать ментальные карты можно как на бумаге, так и в электронном виде. На сегодняшний день существует множество сервисов для созданий ментальных карт (см. таблицу).

Таблица

Сравнительный анализ on-line сервисов для создания ментальных карт

Название сервиса	**Режим доступа**	**Видео/фото /ссылки**	**Язык сервиса**	**Дополнительные возможности**
Mind42.com	Усл.пл.	Да	Англ.	Возможность работать в

Окончание таблицы

Название сервиса	**Режим доступа**	**Видео/фото /ссылки**	**Язык сервиса**	**Дополни-тельные возможности**
				коллаборации, экспорт в разных форматах
MindMeister.com	Усл.пл.	Только в платной версии	Русский	Возможность работы в коллаборации, невозможность бесплатного экспорта, широкий выбор оформления
Coggle	Усл.пл.	Да	Англ.	Возможность работы в коллаборации, Работа в полноэкранном режиме, простота использования

Этот список не ограничивается тремя сервисами, однако именно эти сервисы имеют наиболее понятный интерфейс и максимально доступны. Кроме того, существует ряд программ и приложений, позволяющих создавать ментальный карты, например, FreeMind, The Personal Brain, XMind. Для создания карт в этих программах существуют подробные инструкции.

2. Использование ментальных карт на уроках различного типа

Ментальная карта – прежде всего является графическим способом представления информации. Работа с ментальными картами является универсальной и подходит под разные типы уроков, важной особенностью выступает лишь способ подачи карты и варианты заданий, связанные с ней.

Так, для уроков открытия новых знаний наиболее подходит форма работы, когда учитель, анализируя планируемые результаты обучения по теме, заранее создает интеллект карту целиком или ее шаблон, который

ученики будут заполнять по мере ознакомления с материалом, и выдает ее учащимся. Такая карта будет иметь две функции: навигация по учебному материалу и его структурирование. На карту наносится объект изучения со всеми его взаимосвязями и характеристиками. Учащиеся благодаря интеллект карте имеют представление об объеме изучаемого материала, необходимого для освоения, и в тоже время получают конспект урока, который могут дополнить своими ассоциациями и примерами. Запоминается карта благодаря работе обоих полушарий мозга. Обучающиеся, усваивая информацию, используют преимущественно левополушарные ментальные способности. Это блокирует способность головного мозга видеть целостную картину, способность ассоциативного мышления. Интеллект-карты задействуют оба полушария, формируют учебно-познавательные компетенции обучающихся, развивают их мыслительные и творческие способности.

На уроках закрепления знаний разумно будет дать учащимся творческую лабораторную работу, такую как создание карты с применением технологии обучения в сотрудничестве. Карту можно создать как на листе бумаги, так и в электронном сервисе. Оценивание карт идет по двум критериям: логичность (полнота) материала и красота (использование различных цветов и ассоциаций). Отличие этого метода от предыдущего заключается в том, что карта создается после изучения материала, а также работа ведется в группах, а не самостоятельно.

На уроках комплексного применения знаний и уроках обобщения и систематизации можно предложить учащимся дополнить ментальную карту с пропусками, то есть карту, где некоторые элементы уже внесены на свои места, а некоторые необходимо дополнить, или карта, где известен только центральный элемент. При этом, для внесения каждого последующего элемента в карту, можно давать задания ученикам. Например, на доске появляется определение какого-либо понятия, и если ученик знает, что за ним скрывается, то он без труда расположит его на своей карте, или для того чтобы внести элемент на карту нужно найти пары к объектам, представленным на доске, а объект без пары и есть тот элемент, который окажется на карте и т.д.

3. Организация урока с использованием ментальных карт

Рассмотрим, как может быть организован урок с применением ментальных карт. Урок открытия новых знаний в 7 классе на тему «Программное обеспечение компьютера» по учебнику Л.Л. Босовой [3].

Урок начинается с приветствия учителем учеников, проверке готовности к уроку, мотивации учеников к началу урока. Учитель сообщает ученикам, что сегодня на уроке класс отправится в виртуальный компьютерный магазин, где им предстоит купить

компьютер и все для его работы. Также ученикам выдаются рабочие листы, с помощью которых на уроке будет идти работа (рис. 1).

После мотивационного этапа следует этап актуализации знаний. Ученикам задаем вопрос «Давайте вспомним, что мы изучали на прошлом уроке?». Ученики вспоминают, что прошлая тема была «Устройство персонального компьютера».

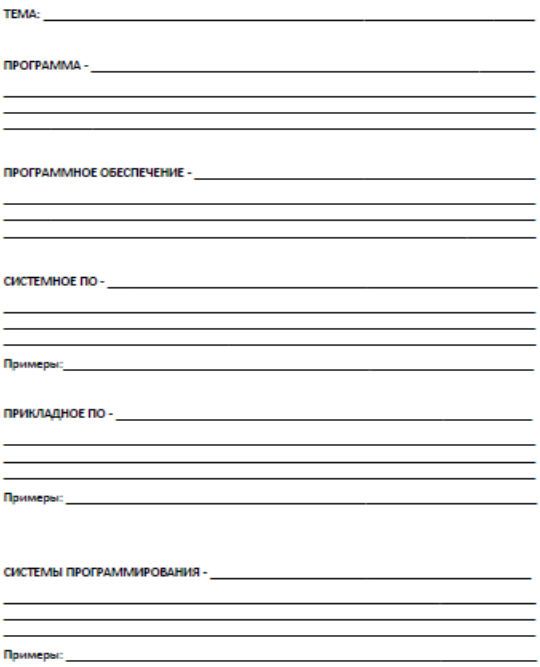


Рис. 1. Рабочий лист «Программное обеспечение компьютера»

Предлагаем ученикам представить, что находимся в виртуальном магазине, где мы будем покупать компьютер. В магазине большое многообразие устройств, и сначала необходимо разобраться какое устройство для чего используется. Открываем интерактивное задание, созданное в сервисе LearningApps (https://learningapps.org/view2901782), на интерактивной доске и просим учеников выбрать, какие устройства относятся к каждой из представленных категорий (рис. 2).

При нажатии на верное устройство оно исчезает, а если ученик допускает ошибку, то появляется предупреждение с предложением

попробовать снова. Все устройства нужно разделить на 4 группы, поэтому можно попросить выполнить это задание 4 учеников, при этом остальные ученики также принимают участие, отвечая на дополнительные вопросы учителя.

Рис. 2. Задание «Классификация компьютерных объектов»

При правильно выполненном задании появляется изображение компьютера.

Учитель сообщает ученикам, что они правильно выбрали все устройства, и нам удалось купить хороший компьютер.

Создается проблемная ситуация. Учитель говорит, что компьютер купили, принесли домой, подключили к электричеству, нажали кнопку включения, а он не работает. Из-за чего это может быть?

Ученики высказывают свои догадки и предположения, разбираются в ситуации и, наконец, кто-то из учеников догадывается, что компьютер не работает пока на нем не установлено программное обеспечение.

Учитель сообщает, что ученики совершенно правы, самостоятельно компьютер не умеет мыслить и работать с информацией, а чтобы он мог это делать его необходимо «научить», задать какие-то инструкции.

Ученики разбираются, что это за инструкции и приходят к выводу что эти инструкции – программы, а точнее программное обеспечение. Ученики формулируют тему урока и записывают ее в свои рабочие листы.

Предлагаем ученикам сформулировать цели на сегодняшний урок и сообщаем, что в этом им помогут их рабочие листы. Ученики видят, что сегодня они познакомятся с тем, что такое программа, программное обеспечение, узнают о видах программного обеспечения и какие программы относятся к каждому виду. Сообщаем, что мы будем считать нашу цель достигнутой, если весь рабочий лист будет заполнен, то есть мы познакомимся со всем необходимым материалом.

Учитель рассказывает ученикам о том, что без программ компьютер не работает, именно программы делают его нашим помощником.

Просим учеников дать определение понятию программа с помощью фронтального опроса узнаем несколько мнений, корректируем и даем полное определение; аналогично работаем с определением «программное обеспечение».

Теперь предлагаем ученикам снова отправиться в магазин, чтобы приобрести все необходимое ПО. Делать они это будут самостоятельно, проведя небольшое исследование. Каждому ученику выдается опорный конспект по теме, в котором рассказано о видах ПО и примерах программ, входящих в эти виды.

Ученики делятся на группы (количество групп зависит от наполняемости класса, по 3-5 человек, предположительно 3 группы) и им предлагается составить ментальную карту по материалу, представленному в опорном конспекте. Для упрощения задачи учеников на экран выводится шаблон карты, на которую ученики могут ориентироваться (рис. 3). На работу отводится 20 минут, после чего представители групп выходят, показывают классу свою карту и отвечают на вопросы учителя.

После выполнения работы учитель задает вопросы. Первая группа рассказывает о системном ПО, вторая группа о прикладном ПО, третья группа про системы программирования. Ученики, которые не выходили представлять карту группы, включаются в работу посредством ответов на вопросы: Какая программа по вашему мнению является ведущей в работе компьютера? Какие операционные системы вам известны? Люди каких профессий работают с прикладным ПО? Люди каких профессий работают с системами программирования?

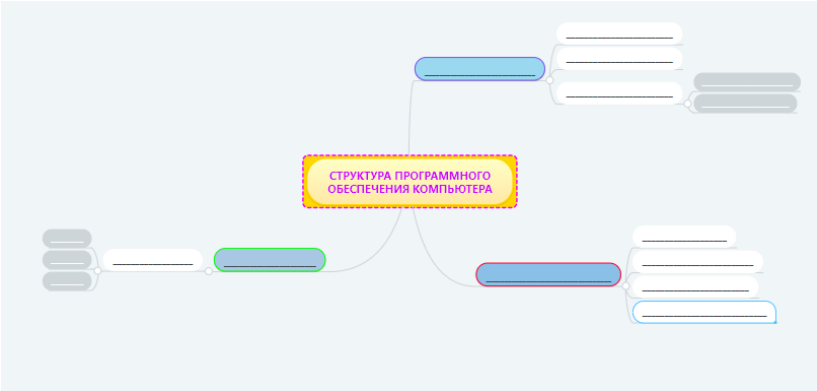


Рис. 3. Шаблон для составления ментальной карты

Следующий этап урока – физкультминутка. Задание распределить предложенные программы по классам, при этом если программа из класса системного ПО – ученики хлопают, прикладное – топают, системы программирования – приседают.

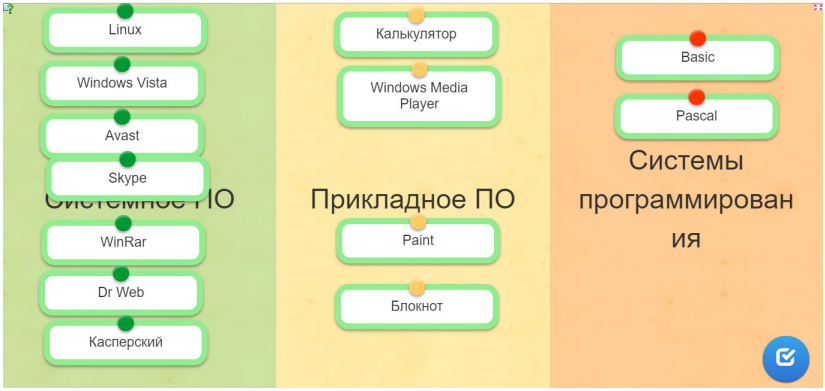


Рис. 4. Задание «Виды ПО» (https://learningapps.org/view2491934)

Ученики выполняют задание, учитель корректирует их ответы, если они неверны, объясняя правильный выбор. Подводим итог, что теперь при походе в магазин ученики смогут самостоятельно выбрать ПО, которое им необходимо.

В качестве домашнего задания ученикам необходимо закончить проект, дополнив список программ, программным обеспечением, которое находится на домашнем компьютере. Выяснить, какая операционная система стоит на компьютере у них дома, а также программы какого класса и какие программы используются каждым учеником наиболее часто.

Такой вариант проведения урока с использования ментальных карт подходит в тех классах, где ученики уже знают, что такое ментальная карта и им не требуется объяснять принципы ее построения и заполнения.

Заключение

Таким образом, работа с ментальными картами может являться системообразующим элементом урока. При знакомстве с новым материалом она позволяет организовать как индивидуальную, так и групповую самостоятельную работу учащихся по систематизации учебной информации и ее визуализации. Учитель информатики имеет

широкий выбор электронных инструментов, позволяющих создавать ментальные карты, насыщенные мультимедийным контентом. Однако начинать такую работу стоит постепенно, начиная с «бумажного» варианта ментальных карт

Рекомендуем использовать следующую последовательность вариантов работы учащихся над ментальными картами: заполнение отдельных ветвей карты, заполнение готового шаблона карты по готовому конспекту, самостоятельное построение карты по текстовому конспекту, построение карты по параграфу учебника, построение карты по большой теме или разделу.

Список литературы

1. Бьюзен, Т. Интеллект-карты. Практическое руководство: пер. с англ. Е. А. Самсонова. – Минск: Поппури, 2010. – 368 с.

2. Бьюзен, Т. Супермышление / Т. Бьюзен, Б. Бьюзен. – 2-е изд. – Минск: Попурри, 2003. – 304 с.

3. Босова, Л. Л. Информатика: учебник для 7 класса / Л. Л. Босова, А.Ю. Босова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 224 с.: ил. ISBN 978-5-9963-1165-1.

Курс по теории вычислений

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su
Е. В. Касьянова, email: kev@iis.nsk.su

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН
Новосибирский государственный университет

Аннотация. *Курс, представленный в данном докладе, содержит изложение основных вопросов теории вычислений, лежащих на стыке математики и компьютерной науки (информатики) и широко используемых во многих областях информатики и дискретной математики. В нем рассматриваются основы теории автоматов, формальных языков, сложности вычислений и сетей Петри. Курс рассчитан на студентов вузов, обучающихся по специальностям «Прикладная математика и информатика» и «Математика и компьютерные науки».*

Ключевые слова: *теория автоматов, сети Петри, сложность вычислений, формальные языки.*

Введение

Учебный курс, представленный в данном докладе, рассчитан на студентов вузов, обучающихся по специальностям «Прикладная математика и информатика» и «Математика и компьютерные науки».

Курс содержит две зачетные единицы и состоит из следующих пяти разделов [1]:

- цепочки, языки и грамматики;
- регулярные множества и конечные автоматы;
- контекстно-свободные языки и автоматы с магазинной памятью;
- сложность алгоритмов и языков;
- сети Петри.

В первом разделе вводятся основные термины, связанные с формальными языками как множествами цепочек, а также обсуждается один из самых распространенных способов задания языков – с помощью грамматик Хомского.

Во втором разделе описывается ряд методов задания языков, каждый из которых в точности определяет регулярные множества – класс языков, занимающих центральное положение по отношению к значительной части теории формальных языков. Среди них –

© Касьянов В. Н., Касьянова Е. В., 2020

регулярные выражения, праволинейные грамматики, детерминированные и недетерминированные конечные автоматы.

В третьем разделе рассматривается класс контекстно-свободных языков, который наиболее важен с точки зрения приложений к языкам программирования и трансляции, и связанный с ним класс магазинных автоматов, а также обсуждаются преобразования, которым можно подвергнуть контекстно-свободные грамматики, чтобы привести их к более удобному виду.

В четвертом разделе формализуется и исследуется ряд интуитивных понятий, возникающих при решении задач дискретной математики, таких как, например, «задача», «алгоритм», «сложность», «разрешимость», «частичная разрешимость». Изучаются неразрешимые проблемы для КС-грамматик. Вводятся недетерминированные и детерминированные машины Тьюринга и исследуются вопросы моделирования одних машин другими. Излагаются основы теории *NP*-полных задач и доказывается фундаментальная теорема Кука – Левина. Рассматриваются вопросы существования среди алгоритмически разрешимых проблем сколь угодно сложных задач и иерархии задач по сложности их решения, а также поиска наилучших алгоритмов решения задач.

Пятый раздел посвящен сетям Петри – одной из наиболее популярных моделей параллельных систем, используемых как для теоретических исследований, так и для их практических применений в различных областях. Они используются для моделирования распределенных баз данных и операционных систем, архитектур вычислительных машин, систем и сетей, систем программного обеспечения, протоколов коммуникаций, семантики параллельных языков, систем с элементами искусственного интеллекта и т. д. Модели сетей Петри играют такую же важную роль в изучении параллельных систем, как и конечные автоматы для последовательных систем. К достоинствам сетей Петри относятся их наглядное графическое представление и возможность автоматического анализа их свойств. В данном курсе мы рассматриваем лишь базовые понятия сетей Петри, оставляя за скобками различные приложения сетей к конкретным задачам анализа и синтеза дискретных систем.

1. Теория автоматов и формальных языков

Теория автоматов занимается изучением абстрактных устройств дискретного действия для переработки информации (или «вычислительных машин»). В 30-е годы прошлого века, задолго до появления компьютеров, А. Тьюринг исследовал абстрактную вычислительную машину, которая обладала всеми возможностями

современных компьютеров (по крайней мере, в области вычислений). Целью Тьюринга было точно описать границу между тем, что вычислительная машина может делать, и тем, чего она делать не может. Полученные им результаты применимы не только к абстрактным машинам Тьюринга, но и к реальным современным компьютерам. В 40-х и 50-х годах прошлого века исследователи занимались изучением простейших вычислительных машин, имеющих конечную память, которые сегодня называются «конечными автоматами». Такие автоматы вначале были предложены в качестве модели функционирования мозга. Однако вскоре они оказались весьма полезными и чрезвычайно удобными для моделирования многих систем аппаратного и программного обеспечения.

Несмотря на свою простоту, модель конечного автомата успешно используется в огромном числе приложений не только в информатике, но и во многих других областях дискретной математики и инженерной деятельности. Большой интерес к этой теории объясняется именно широкими возможностями ее применения.

Основоположником теории формальных языков по праву считается Н. Хомский. Именно он в 50-е годы прошлого века положил начало математическому исследованию формальных грамматик, введя некоторые важные для этого понятия (в частности, понятия порождающей грамматики и автомата с магазинной памятью) и доказав ряд основополагающих результатов.

Возникнув в результате усилий, направленных на разработку точных методов описания естественных языков, теория грамматик является активно развиваемым направлением математической лингвистики и теории алгоритмов, занимающимся конструктивными способами задания множеств «правильно построенных выражений» (формальных языков) и получившим широкое применение для описания языков программирования и автоматизации программирования методами трансляции.

2. Теория сложности вычислений

Найдется немного научных терминов, так быстро завоевавших широкую известность, как понятие «NP-полная задача». За короткий промежуток времени с момента введения этого понятия С. Куком в начале 70-х годов прошлого века оно стало символом тех трудностей, которые встречаются на пути создания достаточно общих и эффективных методов решения задач информатики и дискретной математики. Неудачи, постигшие многочисленных исследователей на этом пути, привели к необходимости анализа сложности алгоритмов и задач.

Первые результаты исследования труднорешаемости задач – это ставшие уже классическими результаты А. Тьюринга о существовании ряда задач, для которых вообще не существует алгоритмов решения. Например, он доказал, что невозможно указать алгоритм, который по произвольной программе определял бы, остановится ли эта программа на произвольно заданном входе или нет. В настоящее время известно большое число других алгоритмически неразрешимых задач из разных разделов дискретной математики. К ним относится, например, задача выяснения тривиальности конечно-порожденных групп, десятая задача Гильберта (разрешимости в целых числах полиномиальных уравнений), ряд задач о покрытии области равными областями и многие другие. На практике, однако, мы не можем довольствоваться констатацией того, что данная задача является разрешимой. Нам, как правило, нужны алгоритмы, предъявляющие при своем выполнении разумные требования к ресурсам используемых вычислительных устройств.

Вместе с тем далеко не все разрешимые задачи являются реально разрешимыми, и существует феномен труднорешаемых разрешимых задач. Первые примеры труднорешаемых разрешимых задач были получены в начале 60-х годов прошлого века в работах Дж. Хартманниса и Р. Стирнза по «иерархии» сложности. Однако их примеры включали только «искусственные» (специально построенные) задачи. Только через десять лет А. Мейеру, Л. Стокмейеру, М. Фишеру, М. Рабину и ряду других исследователей удалось показать, что некоторые «естественные» разрешимые задачи труднорешаемы. Оказалось, что к классу труднорешаемых задач относится большое число изучавшихся ранее задач из теории автоматов, теории формальных языков, математической логики и других разделов дискретной математики. Причем эти задачи не могут быть эффективно (за полиномиальное время) решены даже с помощью недетерминированного вычислительного устройства, обладающего способностью параллельно выполнять неограниченное количество независимых вычислений. Все известные к настоящему времени труднорешаемые задачи (т. е. задачи, труднорешаемость которых уже доказана), попадают в один из рассмотренных выше классов: они либо вовсе неразрешимы, либо труднорешаемы даже на недетерминированном вычислительном устройстве.

Вместе с тем большинство представляющихся труднорешаемыми практических задач дискретной математики лежит вне этих классов и может быть решено за полиномиальное время с помощью недетерминированной машины. Это так называемые переборные задачи. Переборная задача характеризуется экспоненциальным множеством

вариантов, среди которых нужно найти решение, и может быть разрешена алгоритмом полного перебора. Так, в задаче о выполнимости логических формул решение можно отыскать среди 2n булевских векторов длины n, где n – число переменных формулы, и, перебрав это экспоненциальное множество векторов при вычислении значения формулы, мы обязательно решим задачу. Переборный алгоритм имеет экспоненциальную временную сложность и может хорошо работать на практике для задачи небольших размеров. Но с ростом размера задачи число вариантов быстро растет, и она становится практически неразрешимой рассмотренным методом перебора. Поэтому в конечной области аналогом алгоритмической неразрешимости является необходимость перебора экспоненциального числа вариантов, а аналогом разрешимости – существование алгоритма решения задачи за полиномиальное время на детерминированном вычислительном устройстве. При этом NP-полные задачи являются эталоном сложности класса переборных задач.

На центральный вопрос о том, можно ли исключить перебор при решении дискретных задач из этого класса, можно ответить либо построив полиномиальный алгоритм решения одной из NP-полных задач, либо доказав невозможность построения эффективного алгоритма для этой задачи. До настоящего времени эта важная проблема дискретной математики остается открытой.

3. Теория сетей Петри

Развитие вычислительной техники характеризуется не только и не столько увеличением числа элементов, участвующих в обработке данных (будь то число функциональных блоков в процессоре или процессоров в вычислительной системе), сколько усложнением структуры их взаимосвязи, а также управления взаимодействием. Качественно новый характер взаимодействия в современных вычислительных системах послужил причиной появления новых задач, связанных с анализом, моделированием и представлением причинно-следственных связей в сложных системах параллельно действующих объектов.

Поэтому не случайно, что среди большого числа понятий, которые возникают и исследуются в кибернетике и информатике, одним из наиболее общих и важных является понятие дискретной динамической системы. Примерами дискретных систем могут служить компьютеры, их элементы и устройства, компьютерные сети, программы и операционные системы, системы сбора и автоматической обработки цифровой информации, системы автоматического управления объектами

и процессами, производственные системы дискретного характера, такие как сборочные линии и цеха, социально-экономические структуры и т. п.

В случае систем с параллелизмом и тогда, когда нас интересует не только и не столько функция, реализуемая системой, а ее структурные характеристики и свойства, модель системы должна быть структурно подобна самой системе. Это означает, что такую модель можно строить по частям, как и систему. Глобальные функции и понятия модели могут определяться на основе локальных функций и понятий, соответствующих ее компонентам, подсистемам и подпроцессам, а связи и отношения между фрагментами модели быть подобны связям и отношениям между фрагментами системы. Наконец, немаловажным фактором является возможность представления модели системы в форме, удобной и эффективной для обработки ее с помощью компьютера. Указанным свойствам удовлетворяют так называемые сети Петри, которые разрабатывались специально для моделирования систем, содержащих взаимодействующие параллельные компоненты. Впервые сети Петри предложил Карл Адам Петри в 1962 г. в своей докторской диссертации «Kommunikation mit Automaten» («Связь автоматов»), содержащей основные понятия теории связи асинхронных компонент вычислительной системы. В частности, в ней он подробно рассмотрел описание причинных связей между событиями. Его диссертация была посвящена главным образом теоретической разработке основных понятий, с которых начали развитие сети Петри.

Родившись при описании взаимодействующих автоматов, моделирующих системы аппаратного обеспечения, сети Петри оказались очень удобным инструментом для анализа и моделирования программного обеспечения. Это предопределило большой интерес к ним и быстрый прогресс в их исследовании, а также позволило стать им одной из наиболее популярных моделей параллельных систем, используемых не только для теоретических исследований, но и для практических применений в различных областях. В настоящее время сети Петри используются для моделирования распределенных баз данных и операционных систем, архитектур вычислительных машин, систем и сетей, систем программного обеспечения, протоколов коммуникаций, семантики параллельных языков, систем с элементами искусственного интеллекта и т. д. К несомненным достоинствам сетей Петри относится также их наглядное графическое представление.

Заключение

Вопросы в области теории вычислений, представленные в курсе, лежат на стыке математики и компьютерных наук и играют фундаментальную роль для обширных и разнообразных сфер

приложения, таких как технологии обработки, хранения, передачи и защиты информации, технологии распределённых и высокопроизводительных вычислений и систем, биоинформатика, моделирование и анализ результатов фундаментальных физических экспериментов и многие др.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 18-07-00024).

Список литературы

1. Касьянов, В. Н. Теория вычислений / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2018. – 198 с.

Дополнительное образование школьников в сфере информационных технологий на примере курса «Основы программирования на языке Python» Яндекс.Лицея

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru [1]
А. В. Копытин, email: kopytin@cs.vsu.ru [1]
Ю. В. Шишко, email: shishkoulia@mail.ru [1]

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье рассматриваются преимущества курсов дополнительного образования в области IT, ориентированных на учащихся 7–10 классов общеобразовательных учебных учреждений. На примере Яндекс.Лицея описывается процесс обучения и контроля успеваемости.*

Ключевые слова: *дополнительное образование, Яндекс.Лицей, основы программирования на языке Python.*

Введение

Для каждого человека крайне важно найти своё призвание для того, чтобы бы знать к чему в жизни стремиться и в какой области развиваться. Основное среднее образование дает человеку базовые знания и навыки, помогает определить предрасположенность к той или иной области. Высшее образование несомненно погружает человека в выбранную им область, расширяет и углубляет базовые знания, полученные за время обучения в школе.

Однако далеко не всегда высшее образование успевает за изменяющимися потребностями рынка труда и развитием самой предметной области: естественнонаучные и гуманитарные направления обучения намного более инертны, чем, в частности, область IT. Языки программирования не живут более двадцати лет, каждые пять лет появляются новые и активно развиваются наиболее популярные, используемые в данный период времени, языки.

У специалиста с любым опытом есть ровно два выхода: самообразование в свободное от работы и обучения в высшем учебном заведении время и посещение курсов дополнительного образования. Первый вариант хорош для опытного специалиста, который по аналогии быстро может освоить технологию. Если же это начинающий специалист, не располагающий достаточным количеством свободного

© Копытина Е. А., Копытин А. В., Шишко Ю. В., 2020

времени для самообразования, то предпочтительнее для него посещение курсов дополнительного образования.

Однако, принято считать, что курсы дополнительного образования нацелены именно на специалистов в своей предметной области. В настоящее время открываются курсы и для школьников, которые в столь юном возрасте уже знают, чем именно в жизни они хотят заниматься или хотели бы попробовать себя в некоторой предметной области до поступления в высшее учебное учреждение, а некоторые из-за любопытства, склонности к развитию и преодолению себя, в силу своих многосторонних интересов, хотели бы получить новые знания и навыки. Таким образом, курсы дополнительного образования для школьников решают двуединую задачу: профессионально ориентируют и помогают приобрести навыки для начала карьеры в области IT.

1. Обучение в Яндекс.Лицее

Одним из таких курсов дополнительного образования является курс «Основы программирования на языке Python» в рамках образовательного проекта по обучению школьников программированию Яндекса [1] на базе факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета.

Прежде чем начать обучение в Яндекс.Лицее, ученики 7–10 классов проходят серьезный отбор в два этапа. Первый этап связан с решением логических задач, начальные навыки программирования не требуются, а второй – собеседование, целью которого является определение уровня мотивации потенциального обучающегося. В свою очередь и преподаватели, подавшие заявки на участие в данном проекте, проходят достаточно жесткий отбор, демонстрируя глубокие знания программирования и умение должным, понятным, образом представить обучающимся материал, в дальнейшем Яндекс проводит обучение и их.

Из учеников, успешно прошедших оба этапа отбора, формируются группы не более 15 человек на каждого преподавателя. Компьютерные лаборатории, где и проводится обучение, полностью обеспечены необходимым программным обеспечением. Обучение является очным двухгодичным. На первом году обучения дается базовый материал по программированию на языке Python: формируется представление о широком круге задач решаемых с помощью данного языка, изучаются встроенные функции языка, типы данных, библиотеки и прочие особенности и возможности. Второй год обучения связан с командной разработкой сервисов для Яндекса. В рамках данного проекта Яндекс ориентирован только на очное обучение: чрезвычайно важен контакт не только с преподавателем, который помогает, направляет, но и обмен опытом с другими обучающимися, с которыми вместе на втором году

обучения они будут взаимодействовать в команде. Материал делится на основной и дополнительный. Дополнительный материал не является обязательным и позволяет разобраться с нюансами языка. Каждый урок составляющий основной материал является строго обязательным и представляется последовательно. Естественно, что подавляющая часть обучающего материала – это решение задач и не абстрактных задач, направленных на закрепление пройденного теоретического материала, а именно востребованных в настоящее время в информационных системах задач, например, проверка авторизации пользователя, работа кассового аппарата, банковские системы, даже формирование спам-сообщений, не говоря уже о разработке простейших игр. Задачи делятся на классные, домашние и дополнительные. Решение классных задач ученики сначала пытаются найти сами, а только потом разбираются совместно с преподавателем. С домашними и дополнительными задачами преподаватель не имеется права помогать. Каждая задача оценивается в баллах, самые «дорогие» задачи конечно же те, на которые ученики сами находят решение, это дополнительные задачи, имеющие повышенный уровень сложности. Часть задач проверяется тестирующей системой Яндекса в режиме онлайн более чем на 100 тестах и автоматически выставляется балл, а другая часть проверяется преподавателем в ручном режиме. Преподаватель ежедневно отслеживает активность ученика, проверяя количество решенных им задач за день и наблюдая за его профессиональным прогрессом (см. рис. 1).

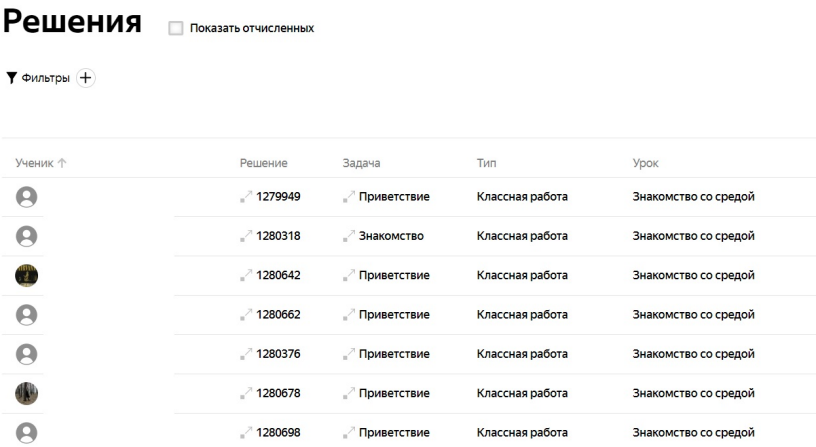


Рис. 1. Окно «Решения»

Таким образом у преподавателя формируется итоговая ведомость, отражающая успеваемость и посещаемость, представленная на рис. 2.

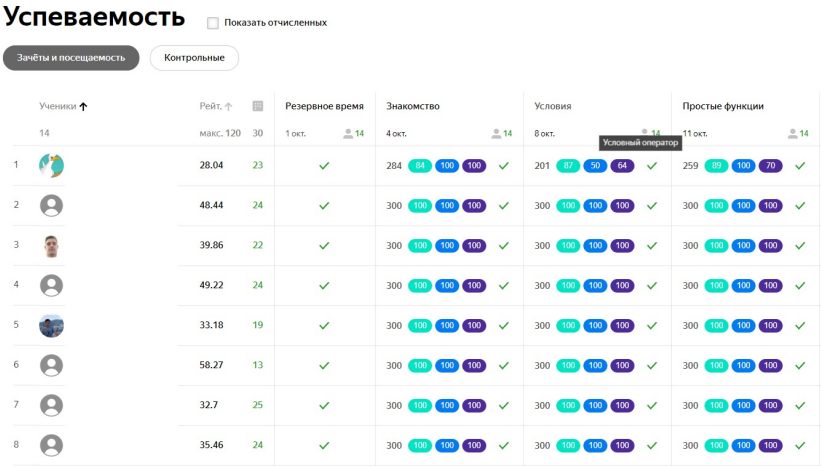


Рис. 2. Окно «Успеваемость»

Присутствуют и формы контроля такие как: самостоятельные и контрольные работы, но проводятся они не часто – раз в семестр. Перед каждым видом контроля присутствует резервное время, которое можно уделить подготовке: разобрать с учениками накопившиеся вопросы по задачам. Задачи этих форм контроля имеют наивысшую ценность по баллам. Во время реализации задач можно пользоваться любым справочным материалом. У каждого ученика свой вариант в котором присутствует в среднем 3 задачи, которые необходимо реализовать строго за отведенный промежуток времени. Решения проверяются системой антиплагиат, так что подсмотреть решение у соседа можно, но бессмысленно. Еще одной ложкой дёгтя для обучающегося являются, безусловно, отчисления за пропуски занятий и неуспеваемость. Задач очень много и темп изучения языка достаточно высок, поэтому этому курсу необходимо уделять время ежедневно. Если ученик систематически пропускает занятия или не решает задачи, то его сразу же отчисляют, закрывая доступ ко всем учебным материалам. Распространение учебного материала в сети Интернет тоже карается отчислением.

После каждого года обучения обучающиеся получают сертификаты от Яндекса, свидетельствующие о прохождении курса «Основы программирования на языке Python». После первого года школьник

может легко закончить своё обучение или пойти дальше и проверить свои силы в командной разработке проектов.

Заключение

Дополнительное образование на сегодняшний день активно развивается, приобретая не только очные формы обучения, но и заочные, подготовленные преподавателями-ведущими специалистами высшей школы. Появляются не только курсы, ориентированные на любые категории специалистов, но и на любой возраст. Главной отличительной особенностью и большим преимуществом является высокая мотивированность обучающихся, которые сразу же с головой погружаются в процесс обучения, а также высокая квалификация и желание работать преподавателей.

Список литературы

1. Курсы – Яндекс.LMS [Электронный ресурс] : система управления обучением. – Режим доступа: https://lyceum.yandex.ru

Развитие творческих способностей обучающихся в начальной школе с помощью ИКТ-технологий на занятиях внеурочной деятельностью

Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru
И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru
В. И. Чемарев, email: unlivers@gmail.com

МБОУ Отрадненская СОШ № 2

Аннотация. *В тексте обсуждается использование современных компьютерных технологий в развитии творческих навыков у детей младшего школьного возраста.*

Ключевые слова: *развитие творческих навыков у детей младшего школьного возраста, развитие познавательной деятельности, обучение сложным понятиям в игровой форме.*

Введение

В книге Дереклеевой Н. И. [1] показано, что чем выше уровень творческого развития ученика, тем выше уровень общего интеллектуального развития, тем выше эффективность его труда, его работоспособность. В современном мире информационные технологии активно проникают во все сферы нашей жизни. Образовательный процесс не является исключением. Поэтому одной из задач современного учителя является развитие творческих способностей учащихся. Одним из наиболее важных вопросов в начальной школе является воспитание и развитие творческих навыков у детей младшего школьного возраста. И чем раньше дети развивают свои навыки, тем выше их творческий потенциал [2].

1. Развитие творческих способностей обучающихся

Компьютер уверенно и надежно занял свое место в жизни современного человека и активно участвует в повседневной жизни школы. В настоящее время происходят серьезные изменения в условиях обучения личности школьника. Современный ребенок находится в информационном и социальном пространстве, у которого нет четких границ. На него влияет поток информации, доступ к которой осуществляется через Интернет, телевидение, компьютерные игры и кино. Образовательные и социализирующие (не всегда положительные)

© Кузнецова Т. М., Щербинина И. В., Чемарев В. И., 2020

эффекты этих и других источников информации часто доминируют в процессе образования и социализации [3].

Возрастное ограничение для освоения компьютера стремительно снижается. Ребенок знакомится с простыми игровыми компьютерными программами в возрасте 3-4 лет. На момент поступления в школу (6-7 лет) дети обычно имеют некоторый опыт работы с устройствами (гаджетами). И возникают вопросы: как вы использовать компьютер для развития ребенка, для развития его творческих и интеллектуальных навыков? Мы знаем, что человек приобретает твердые знания и навыки в начальной школе. Поэтому желательно начинать обучение с младшего школьного возраста. Это связано с тем, что возраст учащегося начальной школы благоприятствует обучению, а знания и навыки, приобретенные в это время, становятся основой и средством любой последующей познавательной деятельности. Современным детям легче найти готовый материал в Интернете, загрузить необходимый его, не тратя время на исследования и создание нового. Задача учителя – отказаться от репродуктивного характера деятельности учеников, вовлечь их, создав благоприятные условия для развития творческих навыков через определение интересных заданий для ребенка [2].

Ученик решает логические задачи, направленные на овладение искусством составления алгоритмов, решения интересных заданий со сказками и героями. Ребенок учится сложным понятиям в игровой форме: компьютер, монитор, клавиатура. Наблюдение, анализ и обобщение материала происходит во время выполнения заданий, определение сходства и различия.

Далее следуют сложные задачи, которые не только объясняют учителю, но и должны работать самостоятельно. Задания учат детей мыслить, правильно и слаженно выражать свои мысли – творчески подходить к нахождению средств для достижения цели, конечного результата.

Повышение эффективности возможно, с одной стороны, за счет использования технологий, направленных на развитие творческой личности, а с другой стороны, за счет использования информационных и коммуникационных технологий в образовательном процессе.

Информационные технологии. С одной стороны, это эффективный инструмент, позволяющий ребенку получать много информации. С другой стороны, это эффективный инструмент для повышения интереса к обучению, мотивации, наглядности, научности и т. д.

Главное, чтобы сделать влияние компьютерной среды положительным, чтобы оно способствовало гармоничному развитию,

обеспечивало формирование социально адаптированной личности в смысле ее творческой реализации.

Форма проведения занятий в современной школе по данному курсу отличается от традиционных занятий в начальной школе.

Дети любят работать на компьютере. Подобранные увлекательные компьютерные программы: «Ступеньки к информатике», «Мир информатики», «Сокровищница знаний», Scratch, Paint – обеспечивают развитие у детей творческих способностей, интересов, их умений и навыков, требуют определенного уровня познавательной активности [4].

Для учащихся начальной школы программа внеклассной деятельности «Мир информатики» разделена на следующие области: информационная, компьютерная, алгоритмическая и творческая. Все они органично переплетены. Младшие ученики должны овладеть навыками работы за компьютером, познакомиться с его возможностями, развить логическое мышление, получить компьютерную поддержку для знаний и навыков, приобретённых на других уроках, научиться использовать компьютеры для сочинения музыки, текстов, выполнения рисунков, презентаций и фильмов, а также ознакомиться с понятием «алгоритм» и научиться создавать простейшие алгоритмы для различных действий и развивать творческие навыки [3].

Например, с помощью компьютерной программы Power Point можно реализовать с детьми метод работы фронтально-групповой работы, который выполняется всеми учащимися одновременно. В этом случае слайды могут включать в себя маршрутный лист, карту инструкций, видео, иллюстрирующее опыт или эксперимент.

Использование презентаций в уроке означает использование метода наглядной иллюстрации в сочетании с другими методами. Изображения необходимы, если исследуемый объект недоступен для непосредственного наблюдения и если слов учителя недостаточно, чтобы дать представление об изучаемом явлении. Информация на слайдах заставляет учащихся проходить через все фазы мышления.

На различных уроках учащиеся выполняют большое количество творческих проектов, активно используя компьютер. В дополнение к исследованию и обработке информации дети используют ИКТ для создания целого ряда идей и портфолио. Чтобы защитить проект, обучающиеся сами создают презентацию, которую затем можно использовать в классе.

Работая в графическом редакторе Paint, дети могут пройти определённый этап релаксации. Когда детей просят послушать музыкальную композицию либо литературное произведение, они

должны либо отобразить на экране то, что они услышали, чтобы представить ее в виде изображения, проиллюстрировать свои чувства.

С помощью компьютерной программы Windows Live дети изучают основы редактирования и монтирования фильмов, наложение на видеосюжет музыкальной дорожки (музыки) и использования анимации. С помощью этого программного обеспечения ученики могут получить задания для развития творческих навыков.

Определенные возможности и эффективность использования информационных технологий и обработки данных в работе с учащимися начального образования позволят:

- ежегодное участие в дистанционных олимпиадах, интернет-олимпиадах, марафонах;
- участие в творческих конкурсах (рисунки, фотоискусство, литературное творчество),
- участие в школьных мероприятиях - круглый год;
- исследования, создание ученических проектов, презентаций, защита портфолио и т. д. (Например, участие в литературных гостиных.
- создание мультфильмов. Для детей они самые близкие и самые интересные. Идентифицируются персонажи, которые интересуют ребят. Найденные материалы и иллюстрации отражаются в презентации. Дети рисуют эскизы сказочных персонажей, лучшие из них также фигурируют в презентации);
- использование интернет-материалов (интернет-ресурсы являются эффективным инструментом повышения мотивации школьников к решению творческих и исследовательских задач);
- самостоятельная работа учащихся с компьютерными программами (созданная с использованием мультимедийных и гипермедиа технологий, компьютерные программы в основном универсальны (энциклопедии, справочники) и хорошо подходят для самостоятельной работы школьников (под наблюдением учителя) [5].

Робототехника занимает особое место в развитии творческих способностей учащихся. Робототехника – это технологическая область, связанная с разработкой и использованием роботов и компьютерных систем для управления ими [6].

Сам процесс роботостроения позволяет нам развивать несколько компетенций и научиться использовать свои практические навыки в нескольких дисциплинах одновременно.

Когда ученики взаимодействуют с роботами и заставляют их выполнять разные движения и задачи, они развивают и улучшают свои

практические навыки и самые смелые идеи. Робототехника – это предмет, требующий скоординированной командной работы, в которой каждый учащийся может сыграть ту роль, которой он лучше всего управляет. Кто-то быстро понимает задачу и выражает свои идеи на бумаге, кто-то отлично кодирует и выполняет технические задачи. Благодаря совместной работе ученик развивает свои качества, выражает идеи и создает лучший конечный результат. Умение оценивать свои силы, сотрудничать и принимать совместные решения будет иметь важное значение в жизни детей.

Поэтому наибольший эффект в развитии творческих способностей у младшего школьника может быть:

- ежедневное включение творческих заданий и упражнений с помощью информационных и коммуникационных технологий в образовательный процесс;
- создание учебных групп или факультативов по специально разработанной программе;
- вовлечение обучающегося в творческое взаимодействие прикладного характера со сверстниками и взрослыми путем вовлечения семьи обучающегося;
- дидактическая и дисциплинарная роль в классе и после школы;
- творческие мастерские.

Все это позволит конкретизировать и решить проблему развития творческих способностей учащихся начальной школы через систему творческих заданий на уроках информатики и занятий внеурочной деятельностью.

Заключение

Итак, использование компьютерных технологий на уроках и внеурочных занятиях улучшает восприятие мира ребёнком, развивает его логическое мышление, память, воображение и внимание, что способствует развитию творческих навыков у обучающихся начальной школы.

Список литературы

1. Дереклеева, Н. И. Мастер-класс по развитию творческих способностей учащихся / Н. И. Дереклеева. – Москва: 5 за знания, 2008. – 216 с.

2. Артыкова, Д. С. Использование ИКТ как средство формирования познавательного интереса младших школьников». [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://school.gosweb.ru/svedeniya/management/27-pedagogicheskij-sostav

3. Хуторской, А. В. Информатика и ИКТ в начальной школе: метод.пособие / А. В. Хуторской, Г. А. Андрианова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 152 с.

4. Афанасенко, Л. Д. Проблема познавательного интереса у младших школьников [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://docviewer.yandex.ru/?url=ya-serp%3A%2F%2Fseliyarovo-

5. Соколова, Т. Е. Воспитание познавательных интересов младших школьников средствами новых информационных технологий [Текст] /Т. Е. Соколова // Начальная школа. – 2013. – № 3. – С. 292.

6. Яхъяева, О. Н. Использование информационно-коммуникационных технологий как средства активизации познавательного интереса младших школьников во внеурочное время [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://nsportal.ru/shkola/raznoe/library/2016/12/18/pedagogicheskiy-proekt-ispolzovanie-informatsionno

Особенности программы учебного курса из образовательной области «информатика» для учащихся экономико-математического и медицинского профилей

Т. И. Марчукова, email: t.martchukova@mail.ru
А. Е. Лоскутова, email: anyaa02@yandex.ru

МБОУ «Лицей №1»

Аннотация. *Быстрый процесс развития и внедрения технологий цифрового века, глобализация ставят новые задачи к подготовке выпускников школы всех профильных направлений, меняется вектор компьютерного образования в сторону создания моделей образовательных информационных систем. В данной работе рассматриваются особенности программы учебного курса из образовательной области «информатика» для учащихся экономико-математического и медицинского профилей.*

Ключевые слова: *программа, экономико-математический профиль, медицинский профиль, практикум решения задач повышенной сложности по информатике и ИКТ, MS Word, MS Excel, экономические, статистические задачи, биологические модели.*

Введение

Внедрение федеральных государственных образовательных стандартов основного общего образования изменило качество выпускника девятого класса. Новые современные педагогические технологии – это теория решения изобретательских задач, технология проблемного обучения, критического мышления, дифференцированного обучения, кейс-технологии, информационно-коммуникационные технологии, технологии проектно-исследовательской деятельности и т.д. позволяют создавать деятельностно-наглядную среду на уроке, корректируют процесс формирования мышления учащегося в сторону прикладного применения теоретических знаний. Проведение уроков в новом формате: урок-поиск, урок-исследование. Стоить отметить, все большие изменения в мышлении ребенка от понятийного в сторону клипового. В конце 90-х годов XX века термин «клиповое мышление» вошел в педагогику и психологию. Элвин Тоффлер, американский философ, социолог, футуролог описал процесс зеппинга, « в ходе которого путем безостановочного переключения каналов телевидения создается новый образ, состоящий из обрывков информации и осколков

© Марчукова Т. И., Лоскутова А. Е., 2020

впечатлений» [1]. На рубеже веков происходит появление новой «Блип-культуры», («blip» – выброс сигнала), «означающий фрагментарно мозаичный характер представлений о мире» [1].

Быстрый процесс развития и внедрения технологий цифрового века, глобализация, ставят новые задачи к подготовке выпускников школы всех профильных направлений, меняется вектор компьютерного образования в сторону создания моделей образовательных информационных систем.

1. Особенности программы учебного курса из образовательной области «Информатика» для учащихся экономико-математического и медицинского профилей

В МБОУ «Лицей № 1» для учащихся старшего звена в учебном плане на 2019/2020 год за счет часов компонента образовательного учреждения и регионального компонента были выделены часы на углубление предмета «Информатика и ИКТ».

Это позволило разработать новые рабочие программы по предмету для учащихся профильного обучения, где информатика не является профилирующим предметом и изучается на базовом уровне, направленные на поддержку углубления изучения предмета с учетом особенностей профиля, дальнейшего применения полученных знаний в процессе образования высшей школы и профессиональной деятельности в целом. Например, программа учебного курса «Практикум решения задач повышенной сложности по информатике и ИКТ» для учащихся 11 классов экономико-математического и медицинского профилей МБОУ «Лицей № 1» включает 34 часа аудиторных занятия.

Целесообразность изучения данного курса определяется тем, что при изучении предмета «Информатика и ИКТ» не хватает времени на детальную проработку прикладных задач, реализуемых средствами текстового программного приложения MS Word и табличного процессора MS Excel, поэтому в данную программу встроены прикладные задачи повышенной трудности, направленные на повторение и более детальное изучение.

Приложения Word и Excel входят в состав пакета Microsoft Office 2010: для дома и учебы, для дома и бизнеса, профессиональный. Популярность этих приложений, их широкий спектр применения для обработки информации создают необходимость в расширении изучения встроенных инструментов.

Текстовый редактор Word используется для создания, форматирования, подготовки документов к печати, предоставляет возможность создания файлов в различных шаблонах и с разными

версиями расширений, имеет встроенный механизм связи с файлами, созданными в более ранних версиях. Шаблоны позволяют обрабатывать документы разной направленности применения: макеты книг, брошюры, отчеты, деловые письма, всевозможные бланки и пр. «Умение применять различные стилевые элементы, вставлять и редактировать графические объекты является культурной составляющей современного человека» [2]. Наличие навыков работы с текстовым редактором помогают и в обучении и обязательны для специалистов различных профессий.

Приложение Excel предназначено для работы с электронными таблицами. Создание и обработка табличных данных, содержимого ячеек, легкий алгоритм работы с мастером функций, визуализация данных с помощью диаграмм, графиков, обработка и анализ статистических данных, экономическое моделирование, подготовка отчетов, организация хранилищ (баз) данных и их обработка и многие другие. Знание программы позволяет своевременно получать нужные данные и уметь их представлять в наглядном виде, что крайне важно в работе квалифицированного специалиста в любой сфере деятельности.

С момента выхода первых версий Word и Excel претерпели большие изменения, как в пользовательском интерфейсе, так и в функциональном наполнении. Так, начиная с выпуска 2007 г. в приложениях введен новый ленточный интерфейс, изменивший подход к расположению меню и команд.

Последние версии Word и Excel позволяют удаленно работать над документами и рабочими книгами группам пользователей, «надежно защищать файлы приложений от несанкционированного доступа с помощью шифрования и электронной цифровой подписи, а также предоставляют пользователям «облачный» сервис» [3].

Предполагается, что учащиеся предварительно изучили основы работы в офисных приложениях, имеют навыки основ решения базовых прикладных задач.

Поэтому одной из основных целевых установок изучения данного учебного курса направлено на обеспечение успешной дальнейшей профилизации школьников.

Программа составлена на основе авторских разработок доктора технических наук К. Ю. Полякова. Электронный материал для сопровождения курса представлен в полном объёме на сайте автора [4], включает презентации, решение задач.

Изучение курса дополнено материалами лабораторного практикума по приложениям Microsoft Word и Excel 2010, учебного пособия Н. И.

Шадриной, Н. Д. Берман, В. В. Стригунова [3] и «Текстовый процессор Microsoft Word», учебного пособия в 2-х частях Т. В. Борздовой [2].

Составители рабочей программы «Практикум решения задач повышенной сложности по информатике и ИКТ»: Марчукова Т.И., учитель информатики высшей квалификационной категории, Лоскутова А.Е., учитель информатики первой квалификационной категории.

Нормативно-правовая и методическая основа программы: рабочая программа учебного курса «Практикум решения задач повышенной сложности по информатике и ИКТ» для учащихся 11 классов экономико-математического и медицинского профилей МБОУ «Лицей № 1» составлена на основе следующих нормативных документов:

- Закон Российской Федерации «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ, Письмо Минобрнауки России от 28.10.2015 № 08-1786 «О рабочих программах учебных предметов»;
- Образовательная программа МБОУ «Лицей №1»;
- Учебный план МБОУ «Лицей №1»;
- Устав МБОУ «Лицей №1».

Цели учебного курса включают повторение основ работы в текстовом программном приложении MS Word и табличном процессоре MS Excel; ознакомление учащихся с алгоритмами решения задач высокого и повышенного уровня прикладного направления; углубление формирования знаний, умений и навыков в области применения текстового программного приложения MS Word и табличного процессора MS Excel.

Задачами учебного курса является формирование навыков у учащихся решать прикладные задачи повышенной сложности средствами текстового программного приложения MS Word и табличного процессора MS Excel; знать применение основных алгоритмов в решении задач высокого и повышенного уровня прикладного направления; понимать основные принципы применения средств текстового программного приложения MS Word и табличного процессора MS Excel к решению прикладных задач.

Заключение

Данный курс имеет выраженную практическую направленность, которая и определяет логику построения материала учебных занятий. Основной формой обучения является практикум решения задач.

Задания для выполнения практических работ оформлены в виде справочника, используется во время уроков для самостоятельной работы при формировании универсальных учебных действий учащихся. Это

позволяет успешно организовывать занятия в группах, в которых есть ученики с разным темпом усвоения материала.

В рамках прохождения тем учебного курса решаются задачи профильной направленности. Например, для экономико-математического профиля предлагаются задачи оптимизации экономического и статистического направления с использованием инструментов MS Word и MS Excel, что позволяет получить практические навыки решения экономических вопросов с помощью электронных таблиц, применяя математические методы и алгоритмы экономических расчетов, при организации которых происходит более глубокое осмысление теоретических основ экономики.

Для медицинского профиля – построение биологических моделей, рассматриваемых в УМК К. Ю. Полякова [5, 6].

На моделирование решения биологических задач на базовом курсе отводится мало времени. Данный факт «не позволяет отработать материал в полном объеме и провести практические работы по закреплению вариативности решения задач» [7].

Знания, полученные при изучении учебного курса «Практикум решения задач повышенной сложности по информатике и ИКТ», учащиеся могут применить для решения прикладных задач разного рода, повышения качества подготовки по информатике к дальнейшему обучению. Полученные знания и умения являются основой для последующего изучения информатики и ИКТ в высших профессиональных образовательных учреждениях, дальнейшей профилизации, подготовке к овладению и обучению основам своей будущей профессии.

Список литературы

1. Тоффлер, Э. Шок будущего / Э. Тоффлер. – М.: АСТ, 2002. – 557 с.

2. Текстовый процессор Microsoft Word. Учебное пособие в 2-х частях. Часть 2. Лабораторный практикум / Сост. Т. В. Борздова. – Мн.: БГУ, 2008. – 58 с.

3. Лабораторный практикум по приложениям Microsoft Word и Excel 2010 : учебное пособие / Н. И. Шадрина, Н. Д. Берман, В. В. Стригунов[науч. ред. Э. М. Вихтенко]. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 88 с.

4. Поляков, К. Ю. Преподавание, наука, жизнь: Школа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kpolyakov.spb.ru/school

5. Поляков, К. Ю. Информатика. Углубленный уровень: учебник для 10 класса: в 2 ч. Ч. 2 / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 304с.
6. Поляков, К. Ю. Информатика. Углубленный уровень: учебник для 11 класса: в 2 ч. Ч. 2 / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 304с.
7. Лапшина, Т. Е. Особенности познавательной программы современной профильной школы / Т. Е. Лапшина // Философские и психолого-педагогические проблемы развития образовательной среды в современных условиях: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2010. – С.90-94.

О выборе языка программирования для изучения на уроках информатики

Н. П. Старикова, email: starikovanp@gmail.com

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей №15» г. Воронежа

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы выбора языка программирования для изучения на уроках информатики.*

Ключевые слова: *урок информатики, язык программирования, примерная программа по информатике.*

Введение

В настоящий момент, как мне кажется, программирование является наиболее важным разделом курса «Информатика и ИКТ», так как это возможность для учащегося проявить себя в различные рода соревнованиях – олимпиадах, конкурсах, на ЕГЭ. Да и в будущем из-за актуальности профессий, связанных с программированием, последнее может стать неотъемлемым инструментом их сознательной деятельности. Изучение языка программирования начинается в школе: учащиеся осваивают минимальный уровень владения каким-либо языком и могут применять имеющиеся знания при решении задач.

1. Изучаемые языки программирования

В Примерной программе по информатике ПООП СОО (Углублённый уровень) [1] говорится о том, что изучаться могут различные языки программирования: Школьный Алгоритмический Язык, Паскаль, Python, Java, C, C++, C#. Но вот на практике оказывается, что не любой язык подойдет для реализации задач Всероссийской олимпиады школьников, да и на конкурсах часто можно слышать о том, что создание программы на Паскале – это примитивно и не может быть достойно оценено; С-подобные языки – это вчерашний день. Так что же надо изучать в школе? Давайте сравним некоторые языки программирования [2]. О Школьном Алгоритмическом Языке говорить не буду по понятным причинам.

Язык Python. Он достаточно прост в изучении, многогранен и разносторонен в использовании. Подходит для создания различных приложений, игр, веб-сайтов, для реализации индивидуальных проектов. Использование «сокращенных» конструкций в языке Python

© Старикова Н. П., 2020

экономит время работы учащихся с задачей, и дает возможность решения и написания большего количества программ. Так, к примеру, нахождение минимального элемента в строке в Python можно найти с помощью написания одного слова min. Например,

Листинг 1

Пример нахождения минимального элемента на языке Python

```
a = [11,8,12,0]
min(a)
```

На языке программирования Паскаль эта задача будет выглядеть следующим образом:

Листинг 2

Пример нахождения минимального элемента на языке Паскаль

```
readln(n);
readln(min);
for i:=2 to n do
 begin
      readln(a);
      if a<min then min:=a;
end;
writeln(min);
```

Таким образом, явно прослеживается экономия времени при решении задачи.

По скорости выполнения программ, когда это касается крупных полномасштабных проектов, Python, конечно же, не лидер. Здесь минусом является и автоматическое управление памятью, и полная динамическая типизация. Python уступает значительно таким языкам как Java, C, C++, но и в то же время с легкостью дает фору JavaScript, Ruby, PHP. Подключение библиотек, написанных на C и возможность предварительной компиляции кода в байт-код – все это позволяет улучшить быстродействие.

В конце хочется отметить, что Python – это язык программирования, востребованный сегодня и с большим потенциалом в будущее. Сегодня рынок труда нуждается в квалифицированных специалистах со знаниями Python.

Java – один из самых широко используемых языков программирования в мире. Это отличный вариант для учеников, кто хочет получить глубокое понимание программирования, которое послужит фундаментом на годы вперед, а возможно и дорогой к будущей карьере.

Java – язык программирования статического типа. Это означает, что программисту нужно прописывать типы переменных самостоятельно.

Приложения, сделанные на языке Java, известны в мире, как наиболее расширяемые, стабильные и легко обслуживаемые, но это также означает, что для изучения Java требуется гораздо больше времени в сравнении с другими языками.

Одно из основных преимуществ языка Java – независимость от платформы, на которой выполняются программы: один и тот же код можно запускать под управлением операционных систем Windows, Solaris, Linux, Machintosh и др.

Другое преимущество заключается в том, что синтаксис языка Java похож на синтаксис языка C++, и программистам, знающим языки C и C++, его изучение не составляет труда. Правда, для программистов, владеющих языком Visual Basic, этот синтаксис, возможно, будет непривычен.

Весьма распространенным в наше время является язык программирования **СИ**. Это универсальный язык, достаточно востребованный на рынке. Его использование все более расширяется, поскольку часто программисты предпочитают язык Си всем другим языкам после первого знакомства с ним.

СИ – современный язык. Он включает в себя те управляющие конструкции, которые рекомендуются теоретическим и практическим программированием. Его структура побуждает программиста использовать в своей работе нисходящее проектирование, структурное программирование и пошаговую разработку модулей. Результатом такого подхода является надежная и читаемая программа.

СИ – эффективный язык. Его структура позволяет наилучшим образом использовать возможности современных ЭВМ. Написанные на языке СИ программы обычно отличаются компактностью и быстротой исполнения.

СИ – переносимый (или мобильный) язык. Это означает, что программа, написанная на СИ для одной вычислительной системы, может быть перенесена с небольшими изменениями или вообще без них, на другую.

СИ – мощный и гибкий язык. Например, большая часть мощной и гибкой ОС UNIX написана на языке Си. Речь идет о компиляторах и интерпретаторах других языков, таких, как Фортран, АПЛ, Паскаль, Лисп, Лого и Бейсик. Кроме того, программы, написанные на СИ, используются для решения физических и технических проблем, компьютерной графики и даже производства мультипликационных фильмов.

СИ – удобный язык. Он достаточно структурирован, чтобы поддерживать хороший стиль программирования, и вместе с тем не связывает ограничениями.

И наконец, Pascal. Он является, на мой взгляд, одним из лучших языков, с которых надо начинать изучение программирования, так как он был придуман специально для обучения основам программирования. Да, этот язык устарел, его никто из компаний не использует в коммерческих целях. Но Pascal даёт свои плюсы в обучении и самые основные понятия проще показать на Паскале.

У данного языка программирования простой синтаксис, небольшое число базовых понятий. Программы на Паскале достаточно легко читаемы. Достаточно низкие аппаратные и системные требования, как самого компилятора, так и программ, написанных на Паскале.

Не стоит забывать и об универсальности языка Паскаль. Он применим для решения практически всех задач программирования.

Паскаль – это тот самый инструмент, который научит, как вообще нужно «идеологически» подходить к программированию. Почему сначала нужно объявлять типы переменных, что операция присваивания значения и логическое равенство – это разные вещи. Когда делаешь элементарные ошибки в Паскале, то программа не будет работать.

Не стоит забывать еще и о наличии учебника, по которому занимаются учащиеся. Несмотря на то, что автором учебника, который используется во многих профильных классах, Константином Юрьевичем Поляковым разработаны отдельные главы для изучения C и Python, в основное содержание учебника они не включены.

Отдельной строкой стоит вопрос о готовности самих преподавателей к быстрому переходу на новые языки программирования. Если выпускники педагогических ВУЗов и идут работать в школу, то их число не очень велико. Учителями информатики работают люди, стоящие еще у истоков Российской информатики. В Воронеже в школьном образовании хорошо известна проблема поиска учителя информатики, многие школы в качестве учителя информатики привлекают учителей математики, физики, и даже начальной школы. Эти люди с трудом осваивают программирование на Паскале. Поэтому переход на другой язык, да еще и при отсутствии методической поддержки, для них невозможен. Учу тому, чем овладел сам.

Заключение

Исходя из выше сказанного, на мой взгляд, еще долгое время в школе будет отдаваться предпочтение старому доброму Паскалю. И учитель информатики не должен забывать о главном – что цель урока не

изучить конкретный язык программирования, а развивать алгоритмическое мышление, знакомить с разными стилями мышления и методами, которые применимы при решении различных задач.

Список литературы

1. Сборник нормативных документов. Информатика и ИКТ [Текст] / сост. Э. Д. Днепров, А. Г. Аркадьев. – Москва : Дрофа, 2007. – 103 с.

2. Лебедева, Т. Н. Новые программные средства курса информатики и ИКТ в школе // Ежегодная Всероссийская научно-практическая конференция «Информатизация образования: проблемы и перспективы»: сб. науч. ст. – Челябинск: Цицеро, 2012. – С. 162-166.

Зарубежный опыт использования технологии виртуальной реальности в среднем образовании

Т. О. Сундукова, email: sto-ata@yandex.ru
Г. В. Ваныкина, email: dist-edu@yandex.ru

Тульский государственный педагогический университет
им. Л.Н. Толстого

Аннотация. *Обзор научной литературы по вопросу обобщения опыта внедрения технологий виртуальной реальности в среднее образование содержит описание функциональной классификации виртуальной реальности: как она традиционно применяется к обучению и как она представляет ключевые функции для эффективного решения дидактических задач. На основе обзора литературы можно сформулировать основные направления, цели, задачи и риски использования инноваций в школьном образовании, что позволит определить новые возможности для реализации будущих приложений в системе образования.*

Ключевые слова: *виртуальная реальность, смешанная реальность, дополненная реальность, информационные технологии, среднее образование, информатика.*

Введение

В научной литературе констатируется, что существуют различные методики интегрирования методов виртуальной реальности в обучение [1–4]. Авторы приводят преимущества рассматриваемой технологии в контексте цифрового общества: доступные устройства в сочетании с требованиями стандарта по формированию ИТ компетенций; педагогические факторы мотивации – сотрудничество и геймификация – полностью оправдывают использование современных технологий виртуальной реальности в качестве учебной платформы; разнообразные кроссплатформенные приложения ориентированы на конкретную целевую аудиторию и охватывают как среднее образование, так и направления высшего профессионального образования. Обзор научной литературы по вопросу обобщения опыта внедрения технологий виртуальной реальности в образование содержит описание функциональной классификации виртуальной реальности: как она традиционно применяется к обучению и как она представляет ключевые функции для эффективного решения дидактических задач. На основе

© Сундукова Т. О., Ваныкина Г. В., 2020

обзора литературы можно сформулировать основные направления, цели, задачи и риски использования смешанной реальности в образовании, что позволит определить новые возможности для реализации будущих приложений виртуальной реальности (Virtual Reality – VR) или дополненной (расширенной) реальности (Augmented Reality – AR). Приложения дополненной реальности (AR), а также виртуальная реальность (VR) были разработаны примерно в одинаковые периоды времени в конце 1960-х годов, когда AR рассматривалось как постепенное расширение VR [5].

1. Семантика ключевых понятий виртуальной реальности

Для рассмотрения дидактических концепций необходимо рассмотреть содержание основных понятий, подходов и классификаций в области виртуальной реальности (VR). Различные типы систем VR были сгруппированы на основе определений, найденных в научной литературе относительно соответствующей технологии, на базе которой были разработаны. Был выполнен поиск по академическим базам данных, таким как ERIC, WebOfScience, ACM Digital Library, SpringerLink, Google Scholar. Строки поиска, такие как «виртуальная реальность», «VR», «дополненная реальность», «смешанная реальность» и «AR», использовались в логической связи с терминами «класс», «школа», «образование» и «обучение» для получения результатов. В итоговой выборке ответов на запросы в содержании источников в основном рассматриваются технические спецификации и реализации, педагогический контекст понятий состоял в основном из описания вариантов использования или обзора педагогических концепций.

Таксономия смешанной реальности (Mixed Reality – MR). Дополненная (AR) и виртуальная (VR) реальность часто употребляются как синонимичные понятия, хотя AR-системы в основном рассматриваются как часть виртуальной реальности. Дополненная реальность (AR) предполагает наличие пространства между полностью сгенерированным компьютером миром (VR) и реальным миром, потому что она разработана для наложения реального мира путем размещения созданных компьютером объектов в реальной среде [1, 6]. В отличие от виртуальной реальности, интерфейсы AR используют переносные или устанавливаемые на голову дисплеи для просмотра или наложения графики на видео окружающего мира, на другие компьютерные интерфейсы, которые позволяют абстрагироваться пользователям от окружающего мира в виртуальный [7].

Для схематической наглядной иллюстрации смешанной реальности используют диаграмму виртуального континуума (Рисунок), в которой

Milgram определяет область между реальностью и виртуальной средой как смешанную реальность, где AR должна дополнять реальный мир виртуальными объектами, а дополненная виртуальность (Augmented Virtuality –AV) расширяет виртуальный мир объектами реального мира [8].

Рисунок. Виртуальный континуум Милгрэма

P. Milgram [8] определил область между настоящим и полностью иммерсивным миром как континуум, где каждая технология кратко суммируется как смешанная реальность. Дополненная реальность является одной из составных частей суммы. Дополненная виртуальность (AV) и виртуальный мир (VE), среда, окружающая пользователя, является виртуальной в отличие от AR, где среда реальна [9]. Смешанную реальность (MR) можно определить как интерактивную настройку, в которой пользователь либо находится в реальном мире с виртуальными активами, увеличивающими дополненную реальность (AR), либо в виртуальном мире, расширяющем реальные объекты [8, 10].

Дополненная реальность (Augmented Reality – AR). Дополненная реальность рассматривается как 3D-технология, которая объединяет физический и цифровой мир в реальном времени, представляет собой разнообразие виртуальной реальности [1]. Пользователи могут беспрепятственно взаимодействовать с виртуальными и сгенерированными компьютером изображениями, используя реальные объекты [11]. Естественные операции в реальном мире позволяют пользователям беспрепятственно и в реальном времени взаимодействовать с виртуальными объектами [5]. AR сохраняет реальные ощущения пользователя, в каждый конкретный момент внимание сосредоточено на включении виртуальных объектов в реальную среду [1]. AR стала популярной для массового использования в 2016 году в связи с разработкой AR Game Pokèmon Go, ставшей всемирно известной с лета 2016 года [2]. Приложения AR можно классифицировать по ключевым элементам взаимодействия: на основе маркеров, без маркеров и на основе местоположения. Pokèmon Go в данном контексте будет представителем системы AR, основанной на

местоположении. Для разработки систем на основе маркеров требуются метки, содержащие шаблон, такой как QR-код, тогда как третья классификация обычно основана на распознавании форм объектов и ландшафтов [12].

Приложения AR использовались в обучении разным предметам для соответствующего уровня образования, но результаты не систематизированы и не представлены в академической среде. Среди опубликованных результатов исследований можно выделить описание и оценку построения обучения с применением AR в университетах, при этом исследователи отмечают, что использование этих технологий не приводит к усилению взаимодействия между студентами и профессорами. Современное использование AR, интегрированное в реальную среду обучения, в частности, в лекционный контент, может помочь студентам экспериментировать с виртуальными учебными материалами.

Виртуальная реальность (Virtual Reality – VR). Авторы используют термин виртуальная реальность как синоним дополненной виртуальности (AV) в изложенном выше контексте. В отличие от дополненной реальности, VR создает собственный мир, а не расширяет его. В виртуальных мирах доминирующими особенностями являются:

– Погружение: пользователи обычно взаимодействуют в полностью сгенерированном компьютерами мире.

– Дистанционное присутствие: инструктор может удаленно помочь найти решение для данной проблемы. Технологии виртуальной реальности способны накладывать выходные данные 3D-камеры на реальный мир и, следовательно, способны преодолевать практические ограничения традиционных технологий видеоконференцсвязи, такие как отсутствие пространственных сигналов, ограниченное пространство экрана, разделение между реальными и цифровыми объектами.

– Многосенсорная симуляция: способ помочь пользователям исследовать вещи с помощью виртуальной реальности, полагаясь на свои чувства, чтобы достоверно распознавать явления и объекты. Движение рук пользователя можно отслеживать с помощью специальных перчаток для взаимодействия с системой и получения мгновенной обратной связи об их взаимодействиях.

– Мотивация: обучающиеся получают позитивные эмоции от возможности перемещаться и обращаться с объектом в виртуальном (иммерсивном) мире.

– Множественные представления и трехмерные системы отсчета: пользователь может настроить свойства визуализации информации, просматривая в определенном направлении, чтобы изменить угол

обзора, который помогает сконцентрироваться на желаемом объекте. Системы виртуальной реальности можно разделить на пять категорий в зависимости от реализации: на основе моделирования, на основе изображения аватара, на основе проектора, на рабочем столе и виртуальной реальности на основе реального погружения.

2. Педагогический контекст

Одним значительным преимуществом использования систем виртуальной реальности является способность анимировать объект, реагировать на действия пользователя и преодолевать ограничения физических параметров реальных объектов. Виртуальная реальность может способствовать повышению эффективности дистанционного обучения благодаря интерфейсам, поддерживающим удаленные действия с другими обучающимися или учителями, подключающимися к существующим объектам. AR может предложить инновационные методики для студентов в интересной и удобной для пользователей форме: традиционное здание может быть дополнено образовательным контентом, предоставляющим обучающимся дополнительны сведений, оставаясь при этом способом взаимодействия с окружающей средой, реализованным в востребованной форме. В этом контексте место проведения учебного процесса рассматривается в зависимости от дидактической цели занятия, необходимого оборудования, аппаратного и программного обеспечения, предметной области, степени самостоятельности, необходимости коллективной деятельности.

Использование полностью погруженных виртуальных миров позволяет пользователям взаимодействовать с объектами естественным образом и в привычной обстановке. Одной из важных проблем совместной работы в VR является взаимодействие пользователей и расширение возможности общения [7]. Чтобы повысить качество результата обучения, совместное взаимодействие с педагогами и сверстниками может способствовать выстраиванию дидактической стратегии, раскрывая процесс мышления, знания и навыки сверстников, а также возможность их оценки и корректировки. Системы дополненной реальности могут реализовать и учитывать нюансы процесса обучения в отличие от полностью погруженной системы VR. Студенты могут видеть друг друга, в то время как они могут видеть и виртуальные объекты и взаимодействовать с ними. По мнению M. Billinghurst [7], AR-системы предлагают, помимо расширения очной совместной работы, возможность удаленной коллективной деятельности, поскольку они позволяют участникам дидактического взаимодействия использовать традиционные инструменты и практики на рабочем месте. Современный рынок ИТ-продуктов предлагает не так много систем

обучения, использующих AR-технологию, предназначенных для многопользовательских взаимодействий. В настоящее время программное обеспечение рассчитано на однопользовательское управление системой AR и реализацию пассивного участия остальных пользователей через общий дисплей. Социальное взаимодействие между студентами в одном и том же физическом пространстве должно выступать в качестве определяющей глобальной цели для образовательной среды. C. Sternig, M. Spitzer и M. Ebner [13] исследовали и привели модель комбинирования создания, управления и анализа результатов деятельности, ставшей популярной в последние годы, когда обучающиеся должны создавать объекты самостоятельно, реализуя простую гарнитуру виртуальной реальности, такую как Google Cardboard. Использование основанной на обучении действию методике может положительно повлиять на формирование отношения между рефлексией и действием при совместной работе. При такой организации дидактического процесса необходимо определить объем используемых учебных сред, степень самостоятельности обучающихся, построение виртуального пространства для совместной работы.

Чтобы повысить мотивацию учеников, увлеченность и удовлетворение от изучения материала, можно применять игровые элементы [14]. Такими элементами могут быть, рейтинговый список, в котором учащиеся получают определенные баллы за выполнение заданий, система квестов, элементы соревнования друг с другом. Благодаря использованию геймификации происходит трансформация учебной среды, ориентированной на учителя, в деятельностный подход с социальными взаимодействиями [15]. Такой подход может быть далее применен к видеоиграм, чтобы использовать геймификацию в образовательных целях. С момента выпуска первой видеоигры появилась идея обучения во время игры [13]. Использование игровых сред эффективно для развития мотивации и стимулирования учащихся решать проблемы, такие технологии предлагают игровой доступ к получению знаний и различных образовательных концепций и компетенций. Виртуальные миры, в частности, Second Life, предлагают разнообразные возможности обучения на основе действий. Пользователи могут практиковать необходимое поведение, повторять его, чтобы сформировать навыки, получить практику ошибок и рисков, наблюдать результат, чтобы скорректировать дальнейшую деятельность на основе результатов. В таких условиях учащиеся могут не чувствовать, что они учатся.

Системы дополненной реальности предлагают новый способ взаимодействия с компьютерами, они позволяют пользователям

естественным образом взаимодействовать с объектами и событиями, что позволяет использовать их в качестве учебного пособия. Технология AR может использоваться в самых разных областях, ее использование в образовательных целях отличается по ряду причин, которые определил M. Billinghurst [7]: поддержка бесперебойного взаимодействия между реальной и виртуальной средами; использование осязаемой метафоры интерфейса для манипулирования объектами; способность плавно переходить от реальности к виртуальности. Физическая активность связана с концептуальным пониманием, что обучающиеся могут повысить свои результаты в процессе реальной активности при манипулировании с объектами и со сценами из дополненной истории. Системы дополненной реальности могут создать такую интерактивную среду обучения, AR предоставляет учащимся трехмерный вид и непрерывно изменяющийся контент путем взаимодействия, повышая их интерес к обучению [5].

Заключение

Можно отметить, что степень взаимодействия и дальнейшая мотивация к обучению более выражены при использовании AR вместо VR. AR увеличивает творческий потенциал обучающихся, развивает логическое и аналитическое мышление. Будущая деятельность в области применения смешанной реальности в образовании может основываться на том, чтобы создать основу для разработки эффективных образовательных AR-приложений. Изменения в интерфейсе должны способствовать взаимодействию с пользователями и соответствовать потребностям студентов в коммуникациях с системой, должны стать частью дальнейших исследований. AR также можно было бы использовать в многопользовательских условиях в аудиториях при очном обучении, однако, по данному направлению недостаточно исследований и результатов. В настоящее время актуальны исследования для изучения целей использования AP в системе среднего образования.

Список литературы

1. Azuma, R. T. A survey of augmented reality / R. Azuma // Presence: Teleoperators & Virtual Environments. – 1997. – Т. 6. – №. 4. – С. 355-385.

2. Bonner, E. Augmented and virtual reality in the language classroom: Practical ideas / E. Bonner, H. Reinders // Teaching English with Technology. – 2018. – Т. 18. – №. 3. – С. 33-53.

3. Buchner, J. Offener Geschichtsunterricht mit Augmented Reality / J. Buchner // Medienimpulse. – 2017. – Т. 55. – №. 1. – С.1-8.

4. Stanković, S. Virtual reality and virtual environments in 10 lectures / S. Stanković // Synthesis Lectures on Image, Video, and Multimedia Processing. – 2015. – T. 18. – №. 3. – C. 1-197.

5. Cai, S. Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course / S. Cai, F. K. Chiang, X. Wang // International Journal of Engineering Education. – 2013. – T. 29. – №. 4. – C. 856-865.

6. Zagoranski, S. Use of augmented reality in education / S. Zagoranski, S. Divjak // IEEE, 2003. – T. 2. – C. 339-342.

7. Billinghurst, M. Augmented reality in education / M. Billinghurst // New horizons for learning. – 2002. – T. 12. – №. 5. – C. 1-5.

8. Milgram, P. A taxonomy of mixed reality visual displays / P. Milgram // IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems. – 1994. – T. 77. – №. 12. – C. 1321-1329.

9. Azuma, R. et al. Recent advances in augmented reality / R. Azuma // IEEE computer graphics and applications. – 2001. – T. 21. – №. 6. – C. 34-47.

10. Hughes, C. E. Mixed reality in education, entertainment, and training / C. E. Hughes et al. //IEEE computer graphics and applications. – 2005. – T.25. – №.6. – C.24-30.

11. Zhou, F. Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR / F. Zhou, H. B. L. Duh, M. Billinghurst // Proceedings of the 7th IEEE/ACM international symposium on mixed and augmented reality. – IEEE Computer Society, 2008. – C. 193-202.

12. Fotaris, P. A systematic review of Augmented Reality game-based applications in primary education / P. Fotaris et al. //Memorias del XI Congreso Europeo en Aprendizaje Basado en el Juego Graz. – 2017. – C. 181-191.

13. Sternig, C. Learning in a virtual environment: implementation and evaluation of a VR math-game / C. Sternig, M. Spitzer, M. Ebner // Virtual and Augmented Reality: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. – IGI Global, 2018. – C. 1288-1312.

14. Kavanagh, S. A systematic review of Virtual Reality in education / S. Kavanagh et al. // Themes in Science and Technology Education. – 2017. – T. 10. – №. 2. – C. 85-119.

15. Jensen, C. G. Collaboration and Dialogue in Virtual Reality / C. G. Jensen // Journal of Problem Based Learning in Higher Education. – 2017. – T. 5. – №. 1. – C. 85-110.

Обучение компьютерной графике в условиях формирования цифровой реальности

Т. А. Талалаева, email: tatyana.talalaeva98@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева»

Аннотация. *В данной работе рассматривается влияние цифровых технологий на образовательную деятельность, а так же методика обучения компьютерной графике школьников в условиях формирования цифровой реальности, в частности создание и обработка цифровых изображений в графических редакторах.*

Ключевые слова: *цифровизация, цифровые технологии, компьютерная графика, цифровые изображения, графические редакторы, графический планшет.*

Введение

В нашем современном мире цифровые технологии все активнее внедряются во все сферы человеческой деятельности.

На смену компьютеризации и информатизации, пришло понятие «цифровизации». Это процесс мирового развития, который охватывает все сферы человеческой деятельности (бизнес, образование, производство).

Цифровизация трактуется как процесс преобразования информации в цифровую форму, что ведет к появлению широких возможностей и формированию совершенно новой технологической среды. Это приводит к тому, что происходят изменения на рынке труда и появляются новые компетенции.

Цифровые технологии так же активно внедряются в образовательный процесс, меняют его организацию и структуру. С каждым днем появляется огромное количество различных интерактивных и мультимедийных ресурсов.

Задачи цифровизации в образовании:

1. Реализация и широкое применение цифровых технологий в образовании.
2. Повышение квалификации учителей по применению цифровых технологий в образовательном процессе.

© Талалаева Т. А., 2020

3. Предоставление цифровых ресурсов для массового использования и обеспечение доступа к ним.

4. Повышение уровня мотивации к профессиональному использованию цифровых технологий педагогами и обучающимися.

5. Создание специальных условий и оказание консультационных услуг по использованию цифровых технологий в образовании.

Выполнение этих задач невозможно без людей, обладающих высоким уровнем цифровой грамотности.

Цифровая грамотность – это знания, умения и навыки необходимые для жизни в цифровом обществе, для повышения качества жизни людей.

Появление понятия цифровизации привело к широкому распространению цифровых фотоаппаратов, видеокамер, сканеров. Общество приобрело большое количество цифровых изображений.

Цифровое изображение – это модель реального или искусственно созданного изображения, хранящаяся в памяти компьютера в виде комбинации кодов.

Это, в свою очередь, вызвало необходимость в их обработке. Именно поэтому, умение работать с цифровыми изображениями считается неотъемлемой частью цифровой грамотности любого человека [1].

1. Разработка методики

Школы постепенно оснащаются современными технологиями: компьютеры, интерактивные доски, планшетные панели, проекторы.

В каждом заведении проводится Интернет для доступа к информационному контенту.

Современному учителю необходимо подстраиваться под новую систему образования. Педагог должен обладать профессиональными умениями и навыками в области ИКТ. Это позволит ему свободно применять цифровые технологии для организации учебного процесса, мотивации к обучению, и повышения успеваемости учащихся.

С целью формирования у учащихся цифровой грамотности, а в частности навыков работы с цифровыми изображениями в школьном курсе изучается специальная область информатики как компьютерная графика, которая изучает различные средства и методы создания и обработки цифровых изображений с помощью специальных программных комплексов (графических редакторов) [2].

Она рассматривает все виды и формы представления изображений, доступных для восприятия человеком.

Но не во всех образовательных учреждениях осуществляется обучение учащихся работе с цифровыми изображениями, что связано: с низким материальным обеспечением школ, с отсутствием педагогов с

соответствующим образованием, а так же, с недостаточной разработанностью методики обучения данной дисциплине.

Чаще всего при изучении компьютерной графики применяется простейший графический редактор Paint. В итоге у школьников может сложиться ошибочное впечатление о слабых возможностях программных средств по обработке графической информации.

В существующих учебниках используется в основном репродуктивные методы обучения, направленные на усвоение и воспроизведение материала. А по данной теме предлагается простейший материал, который не позволяет сформировать у учащихся целостное представление о компьютерной графике. Соответственно, у школьников теряется интерес к изучению данной темы.

Разнообразие программных пакетов ставит перед учителем следующие задачи: выбор конкретного программного продукта, разработка методики обучения компьютерной графике [3].

В настоящее время существует множество графических редакторов предоставляющих множество возможностей для создания и редактирования изображений.

Графический редактор – это специальная программа, которая позволяет создавать и редактировать цифровые изображения при помощи компьютера.

Какой графический редактор использовать платный или бесплатный, решать только пользователю.

К бесплатным графическим редакторам, которые доступны и просты для изучения школьниками можно отнести:

PaintTool SAI – разработана японской компанией SYSTEMAX и предназначена для цифрового рисования.

Gimp – приложение для создания рисунков имеет широкий функционал и значительную мощность. Работает со всеми типами графических планшетов.

MyPaint – программа разработана под рисование не только простых иллюстраций, но и художественных произведений.

Artweaver – программа является полным бесплатным аналогом PhotoShop и имеет сходный функционал, интерфейс.

SmoothDraw – имеет широкий функционал и относительно простой интерфейс. Позволяет создавать как новые изображения, так и обрабатывать созданные в других программах.

Inkscape – сильно отличается от остальных программ тем, что позволяет создавать векторные графические изображения.

Для работы в графических редакторах, нужны особые инструменты. Поэтому дополнительной мотивацией для учащихся может являться работа с графическими планшетами.

Графический планшет является частью графической среды и значительно расширяет возможности соответствующих программ.

С его помощью можно рисовать и создавать настоящие шедевры цифровой живописи, а так же значительно ускорить рабочий процесс.

Графический планшет – это устройство вво¬да в компью¬тер контурных изо¬бражений и рисованных объектов. Широко используется как для создания изображений на компьютере, так и для работы с интерфейсами, не требующими относительного ввода. Кроме того, планшеты используются для переноса уже готовых изображений в компьютер.

Как пример, одним из представителей настольных графических планшетов профессионального уровня является Huion NEW 1060 PLUS (рис. 1).

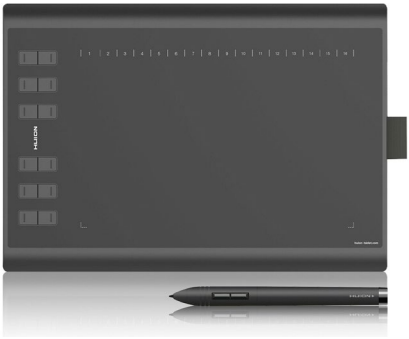


Рис. 1. Huion NEW 1060 PLUS

Эта модель доступна в формате A5 wide. Она имеет 12 настраиваемых кнопок ExpressKeys и 16 настраиваемых софт-кнопок. У данного планшета в два раза больше градаций чувствительности к нажатию, чем у любого другого в данном ценовом сегменте: 8192 уровней.

Основные характеристики планшета:

- Тип подключения: проводной
- Поддерживаемые ОС: windows 10, windows 8, windows 8.1, windows 7, mac os 10.11 или выше
- Способ ввода: перьевой
- Чувствительность к нажатию (количество уровней): 8192

– Количество сенсорных клавиш: 16
– Количество клавиш: 12
– Тип пера: беспроводной
– Ширина рабочей области, в миллиметрах: 254
– Длина рабочей области, в миллиметрах: 158.75
– Разрешение, в линейных дюймах (lpi): 5080
– Потребляемая мощность, в ваттах: 0.35
– Интерфейс MicroUSB: Да

Отлично подобранное сочетание цена / качество превращает этот планшет в прекрасное устройство для реализации идей [3].

Планшет можно приобрести на официальном сайте Huion, в магазинах электроники (DNS, MVIDEO, Эльдорадо), интернет магазинах. Цена данной модели варьируется от 7499 до 10000 руб. Драйвера для планшета можно бесплатно приобрести на официальном сайте Huion

Проиллюстрируем возможности графического планшета Huion NEW 1060 PLUS на примере работы с графическим редактором PaintToolSai 2 для обучения элементам компьютерной графики.

Основными инструментами программы выступают: AirBrush (Воздушная Кисть или Аэрограф) – как для контуров, так и для покраски; Blur – идеальный инструмент для размытия; Bucket (Заливка); Eraser (Ластик); Pencil (Карандаш) для рисования набросков.

Редактор поддерживает работу в обычном и векторном слое. Позволяет работать с эффектами слоя и текстурами, для имитации различных художественных материалов (акварель, пастель и т.д.). Удобна и легка в использовании цветовая панель. Цвета можно смешивать и держать в памяти программы.

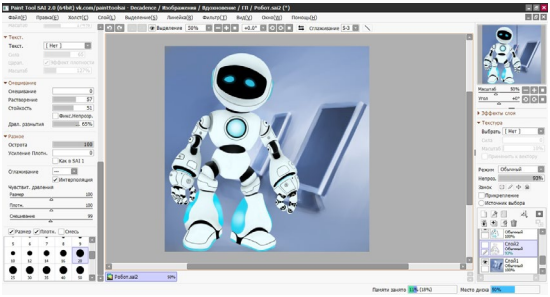


Рис. 2. Пример готовой работы в программе PaintToolSai 2, выполненной на графическом планшете Huion NEW 1060 PLUS

Используя описанные функции, можно обучить учащихся получению качественных цифровых изображений и сформировать компетенции обработки цифровой информации.

Применение компьютерной графики в образовательных учреждениях, обеспечивает развитие художественно-образного и логического мышления учащихся, восприятия цвета и формы объекта, способствует формированию художественно образованной личности школьника.

Изучение теоретических основ и практического опыта позволили нам выделить некоторые особенности обучения компьютерной графике учащихся, среди которых:

– использование личностно-ориентированного подхода к обучению, который позволяет формировать и учитывать интересы и потребности учащихся;

– реализация творческих компьютерных проектов, содержащих нравственный, эстетический смысл и обеспечивающих формирование глубоких и прочных знаний и умений;

– внедрение компьютерной графики в традиционную деятельность учащихся и применение наглядных и интерактивных технологий [4].

Однако, при осуществлении учебного процесса, существует необходимость контроля усвоения материала. Особенность данной методики состоит в том, что она дает практические навыки в освоении программных средств, которые учащийся может получить самостоятельно под контролем учителя.

Заключение

В ходе занятий по изучению графических редакторов учителю крайне важно учитывать психологическое состояние школьников и особенности людей, которые будут оценивать результат труда – готовые изображения. Успех обучения очень сильно зависит от того, как воспринимается работа. Проведение занятий в большинстве случаев проходит по следующей схеме: рассматривается создание некоторого объекта, на его примере разбираются основные положения темы занятия, и приводятся все необходимые сведения, далее следует система упражнений для закрепления и отработки материала.

Учитель должен определить тему урока и провести ознакомление с его содержанием. Задача учителя сводится к организации урока, постановке задачи и цели занятия, объяснению теоретического материала, пояснению сложных понятий и процессов, которые необходимо выполнить.

При изучении компьютерной графики и графических пакетов желательно использовать методы обучения, стимулирующие стремление к самостоятельному изучению материала, так как взаимная заинтересованность в результатах труда позволяет решать многие педагогические задачи.

Список литературы

1. Багриновский, К. А. Новые информационные технологии / К. А. Багриновский, Е. Ю. Хрусталев. – М. : ЭКО, 2004. – 370 с.

2. Баракина, Т. В. Развитие творческого мышления младших школьников средствами графического редактора / Т. В. Баракина // Информатика в школе. – 2010. – №4. – С. 76–87.

3. Графический планшет: основные характеристики [Электронный ресурс] // 2hpc.ru : онлайн справочник пользователя ПК. – Режим доступа: https://2hpc.ru/

4. Методика преподавания информатики: учеб. пособие для студ. пед. вузов / М. П. Лапчик [и др.]. – М. : Издательский центр «Академия», 2001. – 624 с.

Плодотворное сотрудничество компании РЕЛЭКС и факультета ПММ ВГУ в организации соревнований студентов воронежских вузов по информатике и программированию

О. Ф. Ускова, email: sunny.uskova@list.ru [1]
В. М. Мельников, email: vadim@relex.ru [1,2]
Н. А. Каплиева, email: kaplieva@amm.vsu.ru [1]

[1] Воронежский государственный университет
[2] ЗАО НПП «РЕЛЭКС»

Аннотация. *Описаны студенческие олимпиады по информатике и программированию, организованные факультетом ПММ ВГУ, посвященные 30-летию, 40-летию и 50-летию факультета.*

Ключевые слова: *олимпиады, информатика и программирование, повышение качества учебного процесса, организационная, методическая и спонсорская поддержка ЗАО НПП РЕЛЭКС, оргкомитет выпускников факультета ПММ.*

Факультет прикладной математики, информатики и механики организованный в нашей стране в 1969 году одним из первых факультетов подобного профиля, имеет достаточно большой опыт организации и проведения студенческих олимпиад различного уровня по информатике и программированию.

Студенческие соревнования по программированию стали традицией нашего факультета, составной частью процесса обучения и платформой для воспитания будущих специалистов в сфере информационных технологий [1–6].

По полученной специальности работают 76,5 % выпускников нашего факультета, 14,6 % по смежным специальностям, 8,9 % в других сферах.

На факультете ПММ ВГУ регулярно проводятся соревнования студентов по информатике и программированию различного уровня [5, 6].

За период, начиная с 2000 года, было организовано и проведено 45 олимпиад, среди которых:

7 факультетских,

4 университетских,

12 городских межвузовских,

© Ускова О. Ф, Мельников В. М., Каплиева Н. А., 2020

13 региональных,

9 Всероссийских.

Отметим некоторые из этих студенческих соревнований.

Межвузовская студенческая олимпиада по информатике, посвященная 30-летнему юбилею факультета ПММ, была проведена 25 февраля 2000 года кафедрой МО ЭВМ совместно с компьютерными организациями РЕЛЭКС, Рет, НЭКС, Парус.

Четыре года подряд (2001–2004 г.г.) Воронежский государственный университет выигрывал гранты Федеральной целевой программы «Государственная поддержка науки и высшего образования» по направлению 2.7 «Проведение научных конкурсов, школ и конференций для студентов, аспирантов, молодых преподавателей, сотрудников вузов и научных организаций».

Начиная с 2003 года одиннадцать лет подряд, согласно приказам Федерального агентства по образованию и науке на базе ВГУ организован третий тур Всероссийской студенческой олимпиады «Информатика. Программирование. Информационные технологии». Все эти олимпиады проходили в рамках приоритетного национального проекта «Образование» и «Поддержка талантливой молодежи».

В декабре 2013 года в открытом телекоммуникационном режиме Группой компаний РЕЛЭКС и кафедрой математического обеспечения ЭВМ факультета ПММ проведены в честь 95-летия ВГУ соревнования студентов г. Воронежа по информатике и программированию.

Факультет ПММ и Группа компаний РЕЛЭКС связаны друг с другом не один десяток лет. Интересно отметить, что генеральный директор РЕЛЭКС Игорь Алексеевич Бойченко кандидат физико-математических наук, из числа первого выпуска факультета. Но это не единственная параллель. С момента создания компании РЕЛЭКС в 1990 году с факультетом ПММ поддерживается тесное взаимодействие. Сейчас Группа компаний РЕЛЭКС почти на 70 % укомплектована специалистами, прошедшими школу ПММ. И в этом сила и потенциал компании.

Все это время между РЕЛЭКС и ПММ ВГУ создавались и реализовывались самые различные формы сотрудничества. В их числе совместные проекты и работы по автоматизации финансовых и учебных процессов в университете, исследовательские работы для создания компьютерных аналитических систем. С помощью и при поддержке ПММ организовывались и ведутся контакты с зарубежными компаниями из США, Западной Европы и Японии по организации компьютерного бизнеса в нашем городе.

Ежегодно РЕЛЭКС принимает на работу молодых программистов – выпускников факультета ПММ. РЕЛЭКС всегда старается вносить свой вклад в развитие факультета: учреждает именные стипендии и призы на олимпиадах по программированию, дважды в год проводит производственную практику для студентов, предоставляет из числа своих сотрудников опытных преподавателей. Совместно с ПММ проводится весенняя сессия лекций для всех желающих под названием «Школа программирования РЕЛЭКС», где сотрудники группы компаний делятся своими практическими знаниями и опытом.

Многие курсовые и дипломные проекты, защищаемые на ПММ, выполнялись в РЕЛЭКС. Зачастую они являются частью коммерческого проекта, использующего передовые технологии и лучшие мировые практики.

В РЕЛЭКСе успешно трудятся выпускники факультета ПММ, которые в студенческие годы были победителями Всероссийских студенческих олимпиад «Информатика. Программирование. Информационные технологии»: Бакланов М., Мухоедов М., Ефремов М., Мельников В., Селезнев К., Бойченко А.

В рамках празднования полувекового юбилея нашего факультета ЗАО НПП «РЕЛЭКС» совместно с кафедрой МО ЭВМ провели соревнования студентов вузов г. Воронежа по информатике и программированию, оргкомитет которых состоял из выпускников нашего факультета:

Бойченко И. Л., генеральный директор;

Мельников В. М., руководитель отдела проектирования и разработки программного обеспечения;

Селезнев К. Е., ведущий инженер-программист;

Скорняков И. С., старший инженер-программист;

Шарова С. И., заместитель руководителя отдела маркетинга по работе с клиентами.

В соревнованиях юбилейного для нашего факультета полувекового юбилея приняли участие студенты Воронежского государственного университета, Воронежского государственного университета инженерных технологий (ВГУИТ), Воронежского государственного технического университета, Воронежского государственного педагогического университета, Военного учебно-научного центра «Военно-воздушной академии имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС), Воронежского института высоких технологий.

Приведем список победителей олимпиады, посвященной полувековому юбилею факультета ПММ ВГУ.

1 место

Кособуцкая А. А. (ВГУ ПММ),
Шишкина О. Ю. (ВГУ ПММ),
Ударцев А. А. (ВГУ ФКН).

2 место

Токарев Ю. Ю. (ВГУИТ),
Баклашов А. И. (ВГУ ПММ),
Волков Л. А. (ВГУ ПММ),
Дзехохов С. Д. (ВУНЦ ВВС),
Петренко Д. И. (ВУНЦ ВВС).

3 место

Денисов А. Б. (ВГУ ПММ),
Корчагин А. П. (ВГУ ПММ),
Палагутин А. В. (ВГУ ПММ),
Голошубов Д. Ю. (ВУНЦ ВВС),
Поспелов Д. А. (ВУНЦ ВВС),
Юрьев Р. А. (ВГУИТ).

Соревнующимся было предложено составить программы на любом языке программирования для решения четырех заданий, тексты двух из них приведены ниже.

Задача «Где билет?»

Введение

При печати лотерейных билетов на праздничное мероприятие произошла неразбериха с номерами. Часть номеров была умышленно пропущена. Вам предстоит разобраться в этих манипуляциях.

Постановка задачи

Написать программу, которая для массива длиной N ($1 <= N <= 500\,000$) из целых чисел вычисляет результат функции LOST, которая определена следующим образом:

LOST(i,k) – минимальное целое $t >= 0$, такое что $t <> A_j$, для всех j в интервале [i, k].

После очередного расчета значения элементов массива могут поменяться функцией SET(i,x).

Ограничение на время работы программы – 10 секунд.

Исходные данные

Исходные данные вводятся через стандартный поток ввода. В первой строке указаны числа N и Q, где N – размер массива, Q – количество операций с массивом ($1 <= Q <= 250000$). Во второй строке указаны N целых чисел A_i, при этом $0 <= A_i <= N$. Следующие Q строк содержат операции над массивом. В качестве операций могут быть указаны только две: вычислить функцию (LOST) и поменять (SET)

значение элемента массива. Каждая операция представлена одной строкой в файле. В начале строки указана одним символом операция (L или S) и через пробел два аргумента. Гарантируется, что изменялся массив функцией SET не боле 50000 раз. Индекс элементов массива начинается с единицы.

Выходные данные

Результаты должны быть выведены в стандартный поток вывода на консоль (без лишних сообщений и знаков). Для каждой строки с функцией LOST в исходном файле должен быть выведен результат ее вычисления на отдельной строке.

Пример входных данных

```
6 8
4 1 0 2 2 3
L 1 6
L 4 6
L 2 5
L 2 6
S 3 3
L 1 6
S 4 0
L 1 6
```

Пример выходных данных

```
5
0
3
4
0
5
```

Задача «Деревянные надписи»

Введение

Имеется станок, который умеет собирать надписи из деревянных брусков, сохраняя заданные пропорции. Станок достаточно продвинутый, чтобы самостоятельно определять какой брусок какой длины и куда нужно подставить. Однако из-за ошибки в настройках станок умеет соединять бруски только под углом и каждое ребро надписи должно состоять только из одного бруска.

Постановка задачи

Необходимо реализовать программу, которая проверяет, можно ли сформировать надпись из брусков, которые есть в наличии, соблюдая геометрические пропорции.

Рисунок. Надпись из брусков

Ограничение на время работы программы 10 секунд.

Исходные данные

Исходные данные вводятся через стандартный поток ввода. Первая строка содержит пару N M, где N – количество символов в надписи (1 <= N <= 10000) и M – количество различных длин брусков (1 <= M <= 10000). Следующие N строк содержат описание ломаной, представляющей целый символ или его элемент: K_i (2 <= K_i <= 100), обозначающее количество точек ломаной, далее K_i координат в виде X Y (0 <= X <= 10000, 0 <= Y <= 10000) точек, между которыми необходимо проложить бруски. Координаты представляют собой целые или вещественные числа с точностью до двух знаков после точки. Следующие M строк содержат пары L C через пробел, где L длина бруска (0.01 <= L <=15000), а C – количество брусков заданной длины.

Обратите внимание, что разделителем целой и дробной частей является символ «.» (точка).

При сравнении вещественных чисел погрешность должна быть не более 0.005.

Выходные данные

Результаты должны быть выведены в стандартный поток вывода на консоль (без лишних сообщений и знаков). Программа должна вывести набор строк, каждая из которых содержит пару L C, где L – длина бруска из входного списка, а C – точное количество необходимых брусков для сборки надписи. Выходные данные должны быть упорядочены по увеличению длин брусков. Если по входным данным построить надпись нельзя, то программа должна вывести надпись «NO».

Пример входных данных

```
5 9
4 0 3 0 5 1.5 5 1.5 3
5 2.5 3 2.5 5 3.5 4.25 4.5 5 4.5 3
5 5.5 3 5.5 5 6.5 4.25 7.5 5 7.5 3
6 2 0 3 0 3 1 2 1 2 2 3 2
```

5 4 0 4 2 5 2 5 0 4 0
1 10
0.5 10
17 1
2.5 4
0.75 1
1.8 5
0.63 7
0.1 1
2 4
Пример выходных данных
0.50 7
0.63 4
0.75 1
1.00 8

Как показывает опыт организации и проведения студенческих соревнований по информатике и программированию, участие студентов в подобных мероприятиях закрепляет интерес студентов к получаемой профессии, способствует развитию творческой личности, расширяет информационно-образовательное пространство [4].

Заметим в заключение, что прошедший 2019 год является юбилейным не только для нашего факультета, но и для ВЦ ВГУ, которому исполнилось 60 лет со дня основания [7, 8]. Он был создан 21 января 1959 года в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР, которое предусматривало создание сети вычислительных центров в наиболее крупных вузах страны, располагающих квалифицированными кадрами и осуществляющих подготовку специалистов по прикладной математике и вычислительной технике. ВЦ ВГУ был первым вычислительным центром в Центрально-Черноземном регионе России.

Список литературы

1. Горбенко, О. Д. Воронежский государственный университет – базовый вуз Всероссийской студенческой олимпиады «Информатика. Программирование. Информационные технологии» / О. Д. Горбенко, О. Ф. Ускова, А. И. Шашкин // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Проблемы высшего образования. – Воронеж, 2012. – № 2. – С. 51–56.

2. Ускова, О. Ф. От факультетских до всероссийских соревнований студентов по программированию / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко, А. И. Шашкин // Актуальные направления научных

исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2015. – Т. 3, № 9-1(20-1). – С. 391–397.

3. Всероссийская студенческая олимпиада по информатике – стимул к повышению профессионализма / О. Д. Горбенко, О. Ф. Ускова, А. И. Шашкин, А. П. Якубенко // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сб. тр. междунар. конф., Воронеж, 20–22 сент. 2010 г. – Воронеж, 2010. – С. 110–116.

4. Соревнования по информатике - одна из форм развития интеллектуальных способностей студентов / О. Ф. Ускова, А. И. Шашкин, В. В. Лапыгин, Е.О. Уточкина // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов международной конференции, Воронеж, 16–18 декабря 2015 г. : электронный ресурс. – Воронеж, 2015. – С. 333–336.

5. Ускова, О. Ф. Воронежский государственный университет – головной вуз проведения Всероссийской студенческой олимпиады «Информатика. Программирование. Информационные технологии» / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко, А. И. Шашкин // Современные проблемы прикладной математики, теории управления и математического моделирования. Педагогическая секция : сб. ст. V Междунар. конф., Воронеж, 11–16 сент.2012 г. – Воронеж, 2012. – Ч. 1. – С. 154–156.

6. Ускова, О. Ф. Основные цифры и факты студенческих соревнований по программированию, проводимых на лабораторной базе факультета ПММ ВГУ : электронный ресурс / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко, А. И. Шашкин // Вестник факультета прикладной математики, информатики и механики. – Воронеж, 2016. – Вып. 13. – С. 226–258. – URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-198.pdf>

7. Ускова, О. Ф. Юбилей Российской информатики / О. Ф. Ускова, В. К. Селивёрстов // Информационные процессы вуза и школы : материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, 2019. – С. 179–182.

8. Факультет прикладной математики, информатики и механики / сост.: А. И. Шашкин, О. Ф. Ускова, Т. Г. Богомолова. – Воронеж : Научная книга, 2019. – 19 с. – (Посвящается 50-летию факультета ПММ).

Применение мобильной технологии на уроках информатики

Н. Н. Черногорская, email: natali350@yandex.ru

МБОУ БГО СОШ № 6, г. Борисоглебск

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение мобильной технологии на уроках информатики.*

Ключевые слова: *мобильная технология, QR-код, Plickers.*

Введение

Нашу жизнь, благодаря научно-техническому прогрессу, уже не представить без современных технологий, таких как компьютер, планшет, смартфон, ноутбук и.т.д. И как следствие – наши дети – это «дети технического века»! Во всем мире на поток поставлено развитие разнообразных электронных технологий и мы не в силах это остановить! От использования этих новых технологий нам не уйти.

В этой ситуации необходимо искать возможности не только имеющейся материально-технической базы, но и того, что «мешает» процессу обучения, как правило, это телефон, который можно превратить в необходимый инструмент-помощник.

Ведь, как правило, в сумке ученика XXI века есть учебник по какому-нибудь предмету, пара тетрадей, иногда подготовленный для выступления доклад, телефон, все чаще ноутбук или планшетный компьютер. Реалия такова, что в школу приходит современный ученик-абориген IT-среды, прогрессивный, имеющий доступ к информационному полю в любом месте благодаря мобильным устройствам.

На уроках информатики я использую технологию QR-кодов и приложение Plickers. QR-коды можно использовать на различных этапах урока. В настоящее время существует большое количество специальных сервисов, позволяющих сгенерировать любой QR-код, который можно сохранить на компьютер и использовать на различных этапах урока. Для считывания QR-кодов также существуют специальные программы, которые нужно просто установить на телефоне.

Кроме того, QR-коды можно использовать для проведения интерактивного опроса. Это можно сделать с помощью мобильного приложения «Plickers» под управлением iOS или Android. Это приложение устанавливается на планшете или мобильном телефоне учителя. На сайте www.Plickers.com создается опрос и скачиваются

© Черногорская Н. Н., 2020

карточки с QR-кодами для каждого ученика, которые нужно распечатать и раздать обучающимся. С помощью установленного на телефон приложения, учитель считывает QR-коды с бумажных карточек обучающихся. Компьютер или ноутбук с открытым сайтом www.Plickers.com в режиме Live View и проектор позволяют учащимся видеть вопрос учителя. После каждого вопроса моно увидеть сколько учеников ответило правильно на данный вопрос, а сколько дали неправильный ответ. Также в конце всего опроса можно вывести результат на экран статистику ответов в виде диаграммы.

Ниже приводится фрагмент урока по теме «Диаграмм. Чтение диаграмм» с использование технологии QR-кодов и приложения Plickers.

1. Фрагмент урока с использованием QR-кодов

Ход урока.

Организационный момент:

Здравствуйте, ребята. Чтобы наша работа была плодотворной и дружной, давайте поделимся друг с другом своим хорошим настроением и передадим положительный заряд энергии. Для этого потрите свои ладошки так, чтобы они горели. А теперь приложите свои ладошки к ладошкам соседа по парте. Улыбнитесь друг другу и скажите привет! [1]

Хорошо, ребята, мы подзарядились хорошим настроением и можем перейти к дальнейшей работе.

У вас на столах лежит маршрутный лист. Здесь в виде QR-кодов предложены задания, которые вам нужно будет выполнить по ходу урока.

Итак, первое задание. В этом задании вам предлагается вспомнить правила работы на компьютере. Вам нужно выбрать правильные правила поведения и записать их в тетради. А теперь проверим, правильно ли вы указали правила.

(Проверка проводится с помощью приложения Plickers).

У вас на столах лежат карточка с QR-кодом, на которой по периметру расставлены буквы F, B, C, D. Поверните карточку нужной буквой вверх и поднимите ее вверх.

Молодцы! Вы хорошо знаете правила поведения в кабинете информатики. Теперь мы можем приступить к следующему заданию.

Задние 2. Наведите на QR-код свой телефон. Перейдите по полученной ссылке, и у вас откроется дневник погоды за сентябрь-ноябрь 2018 года, в котором информация представлена в виде таблицы. Посмотрите на него. Скажите, а сможете ли вы быстро определить, например, в каком месяце было больше ясных дней? Сколько пасмурных дней было в ноябре?

Ответы обучающихся.

Действительно, таблицы удобны для упорядочивания данных, но они не дают наглядного представления об информации. Сегодня мы познакомимся еще с одним способом представления информации, который позволяет более наглядно представить ее.

А что это за способ вы узнаете, выполнив следующее задание. А что это за задание вы узнаете прочитав QR-код.

(Ученикам нужно собрать картинку (пазл) и прочитать получившееся слово. Это слово и будет темой урока. (На панели задач нажмите/разверните желтый пазл)) **(2 минуты)**

Итак, какое слово получилось?

Ответы учеников.

Правильно, тема нашего урока: **Диаграмма, чтение диаграмм**.

Теперь возьмите ладошки, и на жёлтой стороне на пальчиках запишите, ответ на вопрос, что я хочу узнать сегодня на уроке (необязательно писать на всех), а в середине ладошки – чему хочу научиться. **(1 минута)** (Попрошу прочитать несколько человек). Это и будет целью нашего урока. Отложите ладошки, мы к ним вернемся чуть позже.

Ребята, у вас на столах лежат карты самооценки, в которых вы будете давать себе оценку за выполненные задания.

Для дальнейшей работы нам необходимо знать основные понятия. Для этого я предлагаю вам перейти к следующему заданию в маршрутном листе и выполнить его в парах. Ваша задача соотнести понятие с кодом и восстановить недостающие фрагменты текста. На выполнение данной работ вам отводится **2 минуты**

Итак, время вышло, сейчас я буду зачитывать фрагменты текста, а вы должны выбрать правильный ответ (по вашему мнению) и поднять табличку с кодом вверх нужной буквой. (Проверка задания помощью plickers)

За каждый правильный ответ в карту самооценки вы выставляете по 2 балла.

А теперь давайте вернемся к дневнику погоды. Данные дневника можно наглядно представить следующим образом (диаграмма на слайде)

Посмотрите на экран. К какому виду относится данная диаграмма? (столбчатая)

А теперь, давайте попробуем прочитать эту диаграмму. Ответьте на вопрос: в каком месяце было больше ясных дней? Сколько облачных дней было в ноябре? Сколько пасмурных дней было в сентябре? (Ответ)

А теперь, я предлагаю вам поработать в группах. Для этого 1-я парта поворачивается ко 2-й, 3-я – к 4-й. Чтобы вспомнить правила работы в группе ознакомьтесь с памяткой, которая лежит у Вас на столах. Вам нужно используя предложенную диаграмму ответить на вопросы (прочитать ее). Ваше время – 2 минуты. Время пошло.

Итак, время вышло, прошу каждую группу рассказать о проделанной работе. **(2 минуты)**

А теперь каждый поставьте себе оценку от 1 до 5 за работу в группе.

Перейдем к следующему заданию в маршрутном листе, которое поможет нам закрепить полученные знания. Перейдите по полученной ссылке и выполните. Данное задание выполняется каждым индивидуально. **(2 минуты)**

В конце выполнения задания вы увидели свой результат. Поднимите руку, кто успешно справился с заданием. Вы можете поставить в свой лист самооценки напротив ... отметку «5» . Остальные ставят прочерк.

Теперь возвратимся к нашим ладошкам. На зеленой стороне запишите ответ на вопрос, что я узнал сегодня на уроке, а в серединке – чему научился. Посмотрите на желтую сторону ладошки и скажите, достиг каждый из вас поставленной перед собой в начале урока цели.

Ответы.

Теперь вернемся к карте самооценки и посмотрим, как вы усвоили материал. Подсчитайте свои баллы. Выберите стикер нужного цвета и приклейте на доску над полученным баллом. (вывод по полученной диаграмме)

Задание на дом у вас представлено в виде QR-кодов и состоит из двух частей: 1 дополнительные сведения по теме урока и 2 творческого задания. Выполненные задания из 2-й части пришлите, пожалуйста, на адрес, закодированный ниже.

Спасибо за активную работу на уроке и удачи вам в учебе.

Заключение

В данной статье рассматривается использование мобильной технологии на уроках, с помощью которой можно повысить уровень освоения информационных компетентностей у учащихся. Ведь то, что иногда «мешает» в учебной деятельности (телефон в руках), может послужить на пользу.

Список литературы

1. Лазарев, Т. В. Образовательные технологии новых стандартов : Ч. 2: Технология модерации: детальный анализ образовательного

процесса, действий педагога и обучающихся, эффективное управление обучающимися и образовательным процессом, уверенное достижение целей ФГОС: настольная книга педагога / Т. В. Лазарев. – Петрозаводск : Verso, 2015. – 235 с.

Scratch в школах

И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru
В. И. Чемарев, email: unlivers@gmail.com
Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru

МБОУ Отрадненская СОШ №2

Аннотация. *С помощью Scratch ты можешь программировать собственные интерактивные истории, игры и мультфильмы, а затем делиться своими творениями с другими участниками онлайн-сообщества.*

Ключевые слова: *программирование, Scratch, компьютерная программа.*

Введение

Scratch создан для детей от 8 до 16 лет, но используется людьми всех возрастов. Миллионы людей создают проекты Scratch в самых разных условиях – дома, в школах, музеях, библиотеках и общественных центрах. Scratch помогает молодым людям учиться мыслить творчески, рассуждать системно и работать совместно – это необходимые навыки для жизни в 21 веке [1].

1. Scratch в школах

Для обучения детей начальной школы программированию перед каждым учителем стоит вопрос, с чего начать? Немногочисленные кружки и секции современных школ в большом разнообразии содержат спортивные направления. А с программированием в младшей школе много проблем, в основном из-за нехватки учителей. Поэтому мне пришлось самостоятельно подбирать курс, в котором я могла бы одновременно учить детей программированию и не ждать, когда эта тема появится среди общеобразовательных предметов.

К сожалению, если в школе нет дополнительных часов или кружков информатики, то программировать обучающиеся начнут только в конце 6 класса! А современные олимпиады по информатике выдают нам задания именно, связанные с программированием на всевозможных языках, да ещё и повышенной сложности. Приходится современному учителю выкручиваться из сложившейся ситуации всеми способами, чтобы как можно раньше ввести ребятам понятие «программа» и попытаться привить навыки и интерес к программированию.

© Щербинина И. В., Чемарев В. И., Кузнецова Т. М., 2020

Scratch стал наиболее приемлемым и интересным выходом из сложившейся ситуации.

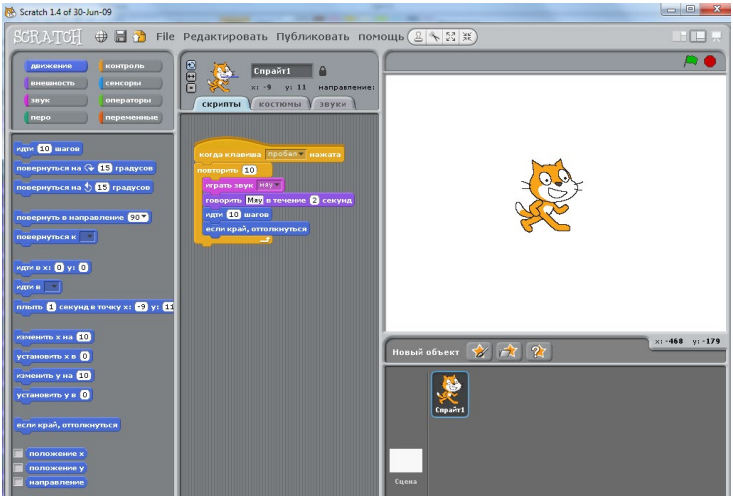


Рисунок. Интерфейс программы

Основными можно назвать следующие условия применения в школе Scratch:

– Каждую минуту ребенку должно быть интересно. Если хотя бы одному не интересно, он включает постороннюю игру, или мультик на компьютере, и к нему тянутся остальные. Если ребенок заскучал, ему всегда можно показать новую команду на Scratch, ведь это очень глубокая и мощная программа.

– Все предложения детей по усовершенствованию игр — на конец занятия. Если один мальчик не хочет делать по написанному, а сразу начинает генерировать идеи. В результате отходит от плана урока. Понаделает своих скриптов. У него ничего не работает, и он начинает отвлекать других. А разобраться в чужом коде не всегда просто, даже если его писал 8-летний ребенок.

– Всегда иметь под рукой дополнительные задания. Некоторые дети очень смышлёные, у них сразу всё получается. Если ребенок за час все сделает — надо дать ему ещё что-нибудь интересное.

– Занятия дольше 1 астрономического часа проводить не следует. 40-45 мин, как в школе — оптимально. Дальше у детей реально ухудшается концентрация, они устают. Тогда заинтересовать будет нелегко [2].

Что такое Scratch? Это простой и наглядный язык программирования, который создавался для младших школьников, чтобы познакомить их с основами программирования.

Программирование на Scratch происходит путем перемещения и соединения цветных блоков, получая красивую программу.

Хоть Scratch довольно простой язык, он позволяет создавать довольно таки сложные проекты с применением переменных, списков, циклов, условных операторов и многого другого перешедшего из арсеналов «взрослых» языков программирования. Ребенок, даже не имея представления об этих понятиях, может сделать свои проекты или использовать созданные. В школе Scratch обычно используют только на уроках информатики, но это неправильно. Этот язык может помочь педагогу осуществлять свою деятельность и в рамках других школьных дисциплин. С применением Scratch любой урок можно сделать более живым и интересным для учеников [3].

Для работы учеников в программе Scratch нужно сначала познакомить их с окном программы и с блоками:

- блок движения;
- блок звука;
- блок внешности;
- блок контроля;
- блок сенсоров;
- блок чисел;
- блок пера;
- блок переменных.

Если подробно рассказать о тех командах, которые можно применить в программе, используя разные блоки, то на примерах простейших программ можно достичь более глубокого и осмысленного подхода к изучению Scratch.

Сейчас уже многие задумываются о преподавании программирования в Scratch. Можно создавать простейшие мультфильмы, игры. Но для более качественного и глубокого изучения, нужно более четко понимать каких результатов вы хотите добиться: просто познакомить учеников со Scratch или участвовать с обучающимися во всевозможных разно уровневых конкурсах.

В результате освоения Scratch в начальных классах мы сможем добиваться следующих результатов.

1) Личностные результаты:

– широкие познавательные интересы, инициатива и любознательность, мотивы познания и творчества; готовность и способность обучающихся к саморазвитию и реализации творческого

потенциала в предметно-продуктивной деятельности за счет развития их образного, алгоритмического и логического мышления;

– готовность к повышению своего образовательного уровня и продолжению обучения с использованием средств и методов информатики и ИКТ;

– интерес к информатике и ИКТ, стремление использовать полученные знания в процессе обучения другим предметам и в жизни;

– способность увязать учебное содержание с собственным жизненным опытом и личными смыслами, понять значимость подготовки в области информатики и ИКТ в условиях развития информационного общества;

– готовность к самостоятельным поступкам и действиям, принятию ответственности за их результаты; готовность к осуществлению индивидуальной и коллективной информационной деятельности;

– способность к избирательному отношению к получаемой информации за счет умений ее анализа и критичного оценивания; ответственное отношение к информации с учетом правовых и этических аспектов ее распространения;

– развитие чувства личной ответственности за качество окружающей информационной среды;

– способность и готовность к принятию ценностей здорового образа жизни за счет знания основных гигиенических, эргономических и технических условий безопасной эксплуатации средств ИКТ.

2) Метапредметные результаты:

– владение умениями организации собственной учебной деятельности, включающими: целеполагание как постановку учебной задачи на основе соотнесения того, что уже известно, и того, что требуется установить;

– планирование – определение последовательности промежуточных целей с учетом конечного результата, разбиение задачи на подзадачи, разработка последовательности и структуры действий, необходимых для достижения цели при помощи фиксированного набора средств;

– прогнозирование – предвосхищение результата;

– контроль – интерпретация полученного результата, его соотнесение с имеющимися данным и с целью установления соответствия или несоответствия (обнаружения ошибки);

– коррекция – внесение необходимых дополнений и корректив в план действий в случае обнаружения ошибки;

– оценка – осознание учащимся того, насколько качественно им решена учебно-познавательная задача;

– владение основными универсальными умениями информационного характера: постановка и формулирование проблемы;

– поиск и выделение необходимой информации, применение методов информационного поиска;

– структурирование и визуализация информации; выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий;

– самостоятельное создание алгоритмов деятельности при решении проблем творческого и поискового характера;

– владение основами продуктивного взаимодействия и сотрудничества со сверстниками и взрослыми: умение правильно, четко и однозначно сформулировать мысль в понятной собеседнику форме;

– умение осуществлять в коллективе совместную информационную деятельность, в частности при выполнении проекта;

– умение выступать перед аудиторией, представляя ей результаты своей работы с помощью средств ИКТ;

– использование коммуникационных технологий в учебной деятельности и повседневной жизни.

3) Предметные результаты:

– умение использовать термины «информация», «сообщение», «данные», «алгоритм», «программа»; понимание различий между употреблением этих терминов в обыденной речи и в информатике;

– умение составлять линейные, разветвляющиеся и циклические алгоритмы управления исполнителями на языке программирования Scratch;

– умение использовать логические значения, операции и выражения с ними;

– овладение понятиями спрайт, объект, скрипт, обработка событий;

– умение формально выполнять алгоритмы, описанные с использованием конструкций ветвления (условные операторы) и повторения (циклы), вспомогательных алгоритмов;

– умение создавать и выполнять программы для решения несложных алгоритмических задач в программе Scratch;

– навыки выбора способа представления данных в зависимости от постановленной задачи.

В результате учебной деятельности, для решения разнообразных учебно-познавательных и учебно-практических задач, у обучающихся будут формироваться и развиваться необходимые универсальные

учебные действия и специальные учебные умения, что заложит основу успешной учебной деятельности в средней и старшей школе.

Заключение

Надеемся, что данная статья облегчит вам подготовку учащихся к изучению Scratch.

Также она должна существенно облегчить подготовку к урокам по программированию от младших к старшим школьникам. Тем более что, как было сказано выше, это наиболее красочная и удобная для детского восприятия программа.

Список литературы

1. Мой опыт обучения детей 8-10 лет программированию на Scratch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/234823/

2. Некрасова, А. Е. Интерактивные методы обучения с использованием языка программирования Scratch на уроках математики в начальной школе / А. Е. Некрасова, А. А. Оленев // Молодежный научный форум: гуманитарные науки. – 2017. – № 1(40). – С.117-121. – Режим доступа : https://nauchforum.ru/archive/MNF_humanities/1(40).pdf

3. Авторская программа курса «Проектирование в среде Scratch» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://nsportal.ru/shkola/dopolnitelnoe-obrazovanie/library/2015/06/29/programma-avtorskogo-elektivnogo-kursa

Секция 2
ЕГЭ по информатике

Рекурсивные задачи в ЕГЭ по информатике

Г. И. Барабаш, email: bgi-09@mail.ru
М. Е. Старикова, email: starik-marina@yandex.ru

МБОУ СОШ с УИОП № 8 г. Воронеж

Аннотация. *В работе рассмотрены способы решения заданий ЕГЭ по информатике по теме «Рекурсия».*

Ключевые слова: *рекурсия, ЕГЭ, информатика.*

Введение

Контрольные измерительные материалы (КИМ) экзаменационной работы по информатике охватывают основное содержание курса информатики, важнейшие его темы. Работа содержит как задания базового уровня сложности, проверяющие знания и умения, соответствующие базовому уровня подготовки по предмету, так и задания повышенного и высокого уровней, проверяющие знания и умения, владение которыми основано на углубленном изучении предмета [1]. Согласно анализу Федерального института педагогических измерений результатов ЕГЭ по информатике за 2019 год умение решать задачи, содержащие рекурсивный алгоритм, составляет 38,6%. Основная содержательная ошибка при выполнении такого типа заданий базового уровня – неспособность построить верную последовательность рекурсивных вызовов. Фактически это задание на проверку умения исполнить алгоритм с простым ветвлением и вызовом элементарной функции, записанный на языке высокого уровня [2].

В программировании рекурсия – это вызов функции (процедуры) из неё же самой непосредственно (простая рекурсия) или через другие функции (сложная или косвенная рекурсия). Существуют разные методики решения задач с рекурсией [3], в своей статье мы рассмотрим одну из них.

1. Решение задач №11 ЕГЭ по информатике

Задача 1. Ниже записана рекурсивная процедура:

```
procedure F(n: integer);
begin
write(n);
if n >= 3 then begin
F(n - 1);
F(n div 3)
end
```

© Барабаш Г. И., Старикова М. Е., 2020

```
end;
```

Что будет напечатано на экране при выполнении вызова F(6)?

Решение. Приступая к решению задачи, будем учитывать, что при каждом вызове n >= 3 выводится n и происходит два вызова функции: F(n − 1) и F(n div 3), а при n < 3 выводится число n:

$$F(n)=\begin{cases} n, F(n-1), F(n \text{ div } 3), & при \quad n \geq 3 \\ n, \quad при\ n < 3 \end{cases}$$

Таблица 1

Результат вызова F(n)

№ п/п	F(n)	Результат вызова
1	F(6)	6, F(5), F(2)
2	F(5)	5, F(4), F(1)
3	F(4)	4, F(3), F(1)
4	F(3)	3, F(2) F(0)
5	F(2)	2
6	F(1)	1
7	F(0)	0

Рассмотрим, что выведет функция при вызове различных значений n, заполним таблицу, начиная с 0.

Таблица 2

Заполнение таблицы, начиная с 0

№ п/п	F(n)	Результат вызова	Напечатано на экране
1	F(0)	0	0
2	F(1)	1	1
3	F(2)	2	2
4	F(3)	3, F(2) F(0)	320
5	F(4)	4, F(3), F(1)	43201
6	F(5)	5, F(4), F(1)	5432011
7	F(6)	6, F(5), F(2)	654320112

Например, вызов F(3) приведет к печати цифр 320, так как вызовы F(2) и F(0) только напечатают цифры 2 и 0 и не будут совершать никаких дальнейших рекуррентных вызовов.

Вызов F(4) напечатает 4, затем сделает вызов F(3), затем сделает вызов F(1). Вызов F(3), как было определено ранее, напечатает 320, а вызов F(1) напечатает одну цифру 1 , поэтому ответом для F(4) будет 43201.По аналогии рассматриваем вызов функции F(5).

Наконец, F(6) напечатает 6, сделает вызов F(5), который напечатает 5432011, и сделает вызов F(2), который напечатает 2. Последовательно записав эти цифры, получим ответ для F(6): 654320112.

Если в задаче требуется найти сумму или подсчитать количество звездочек при вызове функции, мы соответственно сложим полученные числа или посчитаем их количество.

Задача 2. Ниже записаны две рекурсивные функции, F и G:

```
function F(n: integer): integer;
begin
  if n > 2 then
    F := F(n - 1) + G(n - 2)
  else
    F := n;
end;
function G(n: integer): integer;
begin
  if n > 2 then
    G := G(n - 1) + F(n - 2)
  else
    G := n+1;
end;
```

Чему будет равно значение, вычисленное при выполнении вызова F(6)?

Решение. В предложенной задаче функция F вызывает функции F и G, а функция G также вызывает функции G и F.

$$F(n)=\begin{cases} F(n-1)+G(n-2), & при\ \ n>2 \\ n, & при\ n\le 2 \end{cases}$$

Заполним таблицу для функции F.

Таблица 3

Таблица для функции F

№ п/п	F(n)	Результат вызова
1	F(6)	F(5) + G(4)
2	F(5)	F(4) + G(3)
3	F(4)	F(3) + G(2)
4	F(3)	F(2) + G(1)
5	F(2)	2
6	F(1)	1

$$G(n)=\begin{cases} G(n-1)+F(n-2), & при\ \ n>2 \\ n+1, & при\ n\le 2 \end{cases}$$

Таблица 4

Таблица для функции G

№ п/п	G(n)	Результат вызова
1	G(1)	2
2	G(2)	3
3	G(3)	G(2) + F(1) = 4
4	G(4)	G(3) + F(2) = 6

Согласно записям в таблицах значение F(3)=2+2=4, F(4)=4+5=7, F(5)=7+4=11, а вызов функции F(6)=11+6=17. Ответ: 17

Заключение

В данной статье был рассмотрен один из способов решения рекурсивных задач из задания № 11 ЕГЭ по информатике. Как видно из приведенных решений к образцам заданий, для получения результата достаточно формально исполнить приведенный алгоритм.

Список литературы

1. Демоверсии, спецификации, кодификаторы ЕГЭ 2020 г. : Информатика и ИКТ [Электронный ресурс] // Федеральный институт педагогических измерений. – Режим доступа: http://www.fipi.ru/sites/default/files/document/1573485712/inf_ege_2020.zip

2. Крылов, С. С. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2019 года по информатике и икт. Федеральный институт педагогических измерений. [Электронный ресурс] / С. С. Крылов. – Режим доступа : https://www.kpolyakov.spb.ru/download/analis2019.pdf

3. kpolyakov.spb.ru Преподавание, наука и жизнь [Электронный ресурс] / К. Ю. Поляков : Режим доступа: http://kpolyakov.spb.ru/school/ege.htm

Решение рекурсивных алгоритмов, как задач базового уровня ЕГЭ, с помощью графа, используя обход в ширину и глубину

А. Е. Лоскутова, email: anyaa02@yandex.ru
Т. И. Марчукова, email: t.martchukova@mail.ru

МБОУ «Лицей №1»

Аннотация. *В данной работе рассматривается задача на рекурсию, входящая в КИМ ЕГЭ. Показываются различные варианты данной задачи в зависимости от местонахождения строки с выводом числа на печать. Демонстрируется решение задач с помощью обхода графа либо в ширину, либо в глубину. Предлагается способ механизировать процесс решения задачи.*

Ключевые слова: *рекурсия, ЕГЭ, граф, обход в глубину, обход в ширину.*

Введение

Рекурсия – это приём, позволяющий свести исходную задачу к одной или нескольким более простым задачам того же типа. Для того чтобы определить в задании рекурсию, необходимо задать:

- условие остановки рекурсии (базовый случай или несколько базовых случаев);
- рекуррентную формулу.

Известно, что любую рекурсивную процедуру можно представить с помощью циклической конструкции. Однако с помощью рекурсии в некоторых задачах решение становится более понятным, хотя и часто не таким эффективным.

Впервые в школьной программе с углубленным изучением «Информатика и ИКТ» речь о рекурсии идёт в 10 классе [1]. Предоставляются следующие определения:

Рекурсия – это способ определения множества объектов через само это множество на основе заданных простых базовых случаев.

Рекурсивная процедура (функция) – это процедура (функция), которая вызывает сама себя напрямую или через другие процедуры и функции.

Демонстрируется фрактал (фигура, обладающая самоподобием), например, треугольник Серпинского, и стандартный пример – алгоритм Евклида, нахождение НОД двух чисел.

© Лоскутова А. Е., Марчукова Т. И., 2020

1. Решение экзаменационной задачи на рекурсивные процедуры

Изучая состав контрольно-измерительного материала Единого Государственного Экзамена, можно заметить, что там присутствует задание по теме рекурсия. Оно базового уровня, на его выполнение отводится в среднем 5 минут, а также за его правильное решение даётся один первичный балл. Однако, несмотря на то, что эта тема изучается и в 10-м и в 11-м классах, она всё равно вызывает сложности.

Что будет напечатано на экране при вызове F(5)? Именно такой вопрос ставится в подобных задачах на ЕГЭ. И соответственно предоставляется программный код, написанный на 5 языках (Бейсик, Python, Паскаль, Алгоритмический язык, Си). Задание (рис. 1) взято с сайта РешуЕГЭ [2].

Бейсик

```
SUB F(n)
    IF n > 2 THEN
        F = F(n - 1) +F(n-2)
    ELSE
        F = 1
    END IF
END SUB
```

Python

```
def F(n):
  if n > 2:
    return F(n-1)+ F(n-2)
  else: return 1
```

Паскаль

```
function F(n: integer): integer;
begin
    if n > 2 then
        F := F(n - 1) + F(n - 2)
    else
        F := 1;
end;
```

Алгоритмический язык

```
алг цел F(цел n)
нач
если n > 2
то
    знач := F(n - 1)+F(n - 2)
иначе
    знач := 1
все
кон
```

Си

```
int F(int n)
{
    if (n > 2)
        return F(n-1) + F(n-2);
    else return 1;
}
```

Рис. 1. Пример задания 11 из КИМ ЕГЭ

Проанализировав задание новейшей версии КИМа [3] и предыдущих лет, можно отметить такое изменение: раньше требовалось напечатать сумму всех чисел, которые выведутся на экран в процессе рекурсии, а сейчас необходимо в нужном порядке записать эти числа. Задача усложнилась.

Для наглядности решения задач с рекурсией принято применять мощный инструмент – граф. Использовать его можно двумя способами,

обходом в глубину и обходом в ширину. Каждый способ применяется в зависимости от задачи, точнее от местонахождения строки с выводом промежуточных значений рекурсии.

Предлагается рассмотреть один программный код, написанный на языке Паскаль, но в различных его вариациях (writeln(n) в разных местах).

Задача взята с сайта К.Ю. Полякова [4].

Задача 1. Ниже записана рекурсивная процедура:

```
procedure F(n: integer);
begin
  if n > 1 then begin
    F(n - 4);
    write(n);
    F(n div 2);
  end;
end;
```

Что будет напечатано на экране при выполнении вызова F(11)?

Первым шагом в решении задачи будет являться построение графа. Вторым шагом – анализ способа обхода графа. Выбор способа обхода графа будет основываться на важной детали кода, а именно на строке с выводом.

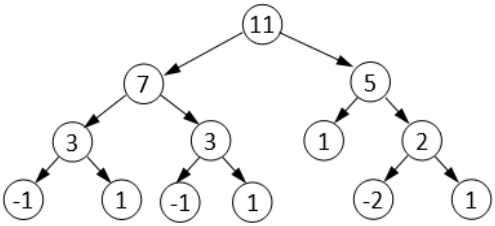


Рис. 2. Граф для решения задачи

Обращая внимание на программный код, записанный выше, можно отметить, что строка вывода промежуточного значения стоит в процедуре между вызовом двух процедур. Это значит, что обход данного графа будет выполняться по принципу ЛПК (лево-право-корень). То есть вызывая F(11) после успешного выполнения проверки (n > 1), вызовется процедура F(7). Чаще всего ученики бросают развивать эту ветку и переходят непосредственно на выполнение следующего действия, то есть вывода числа 11. Дело в том, что вызов процедуры F(7) уже порождает под собой выполнение процедуры. И это значит что вместо вывода числа 11, нам необходимо шагать вглубь нашего графа, вызывать F(3). Опять же, имея запуск процедуры F(3), мы должны развернуть её

до конца. Но это будет являться конечным шагом, потому что выполнения F(-1) и F(1) не возможно, из-за неуспешной проверки условной конструкции. То есть мы рассмотрели лишь крайне левую ветку нашего графа, дошли до первой выведенной на экран цифры. Это 3. Получается, что теперь надо возвращаться наверх. Но в какую вершину графа? В ближайшую, от которой идет ветка в правую сторону. Но прежде чем начать выполнение этой ветки, обращаем внимание на промежуточный вывод. То есть за цифрой 3 выведется цифра 7. Теперь непосредственно переходим к выполнению правой ветки графа F(3). Она будет иметь такой же результат, что и левая ветка F(3). Значит уже имеем ответ – 373. Таким образом мы рассмотрели полностью левую часть от корня нашего дерева. Значит самое время вывести число 11 на экран. Аналогично рассматривается права ветка дерева. На экране получаем последовательность **{3,7,3,11,5,2}**.

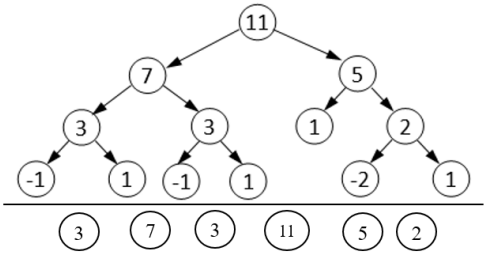


Рис. 3. Граф с решениями задачи 1

Наглядное решение задачи с использованием графа представлено на рис. 3, где под горизонтальной чертой выведена правильная последовательность ответов.

Задача 2. Предлагается изменить задание, переставив строку с выводом в другое место. Вопрос задачи остается таким же, но ответ изменится.

```
procedure F(n: integer);
begin
       write(n);
  if n > 1 then begin
    F(n - 4);
    F(n div 2);
  end;
end;
```

В данном случае изменяется направление обхода графа – КЛП (корень-лево-право). Это случилось потому, что вывод значения происходит до вызова рекурсивных процедур. Дерево будет таким же,

как показано на рис. 2. При вызове F(11) сразу же напечатается число 11. Дальше, после успешной проверки (11>1), следует вызов F(7) и F(5). Как обычно, вызывая F(7), напечатается число 7 и произойдет вызов двух рекурсивных процедур F(3). Любая F(3) выведет 3 и вызовет F(-1) и F(1). В свою очередь они лишь выведут соответствующие числа -1 и 1. На экране мы увидим следующую последовательность {**11,7,3,-1,13-1151221**}. Как можно заметить длина получившегося ответа значительно увеличилась по сравнению с предыдущей версией задания. Это произошло потому что вывод числа на экран стоит раньше, чем условная конструкция. Тем самым пропуская на печать даже те значения, вызов процедуры от которых не порождает вызовы других рекурсивных процедур.

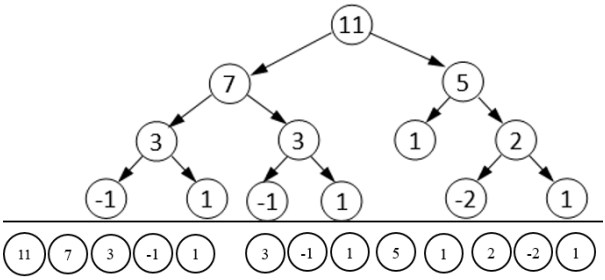


Рис. 4. Граф с решением задачи 2

Задача 3. Рассмотрим еще вариант задачи.

```
procedure F(n: integer);
begin
  if n > 1 then begin
    F(n - 4);
    F(n div 2);
    write(n);
  end;
end;
```

В данном коде строка, отвечающая за вывод числа, находится после вызова обеих рекурсивных процедур. Этот случай похож на то, что мы рассматривали в самом начале. Обход графа будет производится по принципу ЛПК. Ответом будет другая последовательность чисел нежели в первом случае – {**3,3,7,2,5,11**}. Это происходит потому, что именно так расположены команды. При вызове F(11) рекурсия дойдет до конца сначала по самой левой (F(7)->F(3)->F(3), F(5)->F(2)), но вывод значений начнется с конца дерева и постепенно будет подниматься наверх, захватывая значения из левой части поддерева.

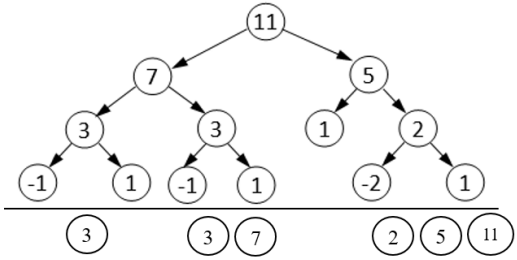


Рис. 5. Граф с решением задачи 3

Задача 4. Последний случай, который необходимо обсудить.

```
procedure F(n: integer);
begin
  if n > 1 then begin
    F(n - 4);
    F(n div 2);
  end;
  write(n);
end;
```

Можно отметить, что строка writeln(n) находится в самом конце рекурсивной процедуры. Это говорит о том, что число будет напечатано в любом случае, то есть не зависимо от условной конструкции. Обход графа будет выполнен по принципу ЛПК. При вызове F(11), после проверки условия, происходит сразу же вызов рекурсивных функций, которые будут углубляться каждая внутрь себя. Тогда вывод первых значений – это вывод самых нижних чисел левого поддерева. Таким образом, получим последовательность чисел: {**-1,1,3,-1,1,3,7,1,-2,1,2,5,11}.**

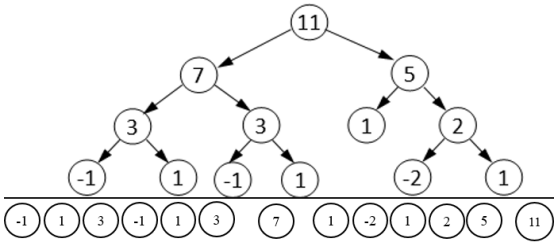


Рис. 6. Граф с решением задачи 4

Заключение

Стоит отметить, насколько важно понимать каким способом обходить граф, что на это влияет всего лишь одна строка, а ответы могут

быть разными. Ответ на экзамене будет засчитан лишь в том случае, когда последовательность совпадает с эталонной, без права ошибиться в любой позиции.

Заметим, что при построении графа так, как показано в примерах на рис. 3-6, под деревом отмечают правильную последовательность выводимых чисел. Это позволяет сделать процесс записи ответа более механизированным, что облегчает работу учащегося на экзамене.

Список литературы

1. Поляков, К. Ю. Информатика. Углубленный уровень: учебник для 10 класса: в 2 ч. Ч.2 / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 304с.

2. Образовательный портал для подготовки к экзаменам: Информатика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://inf-ege.sdamgia.ru/

3. Демоверсии, спецификации, кодификаторы ЕГЭ 2020 г. : Информатика и ИКТ [Электронный ресурс] // Федеральный институт педагогических измерений. – Режим доступа: http://fipi.ru/ege-i-gve-11/demoversii-specifikacii-kodifikatory

4. Поляков, К. Ю. Преподавание, наука, жизнь: Школа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kpolyakov.spb.ru/school

Делимость и интервалы в 27 задании ЕГЭ по информатике

В. И. Рыбас, email: rwi@mail.ru

МБОУ лицей №4 г. Россоши Россошанского муниципального района

Аннотация. *Рассмотрены эффективные и неэффективные методы решения задания №27 ЕГЭ по информатике, связанные с делимостью и интервалами между элементами последовательностей.*

Ключевые слова: *эффективность алгоритма, делимость произведения и суммы, формирование пар элементов, интервалы между элементами в паре.*

Введение

Развитие IT занимает особое место в жизни современного общества. Профессии, связанные со знаниями в данной области, являются наиболее востребованными и перспективными. Именно поэтому достаточно большое количество выпускников выбирают ЕГЭ по информатике, определяя в качестве приоритета одну из престижных специальностей.

1. Основные типы задания №27 ЕГЭ по информатике

Все задания в ЕГЭ по информатике делятся на две категории:

– задания с кратким ответом (с 1 по 23), где в качестве ответа предполагается набор цифр и/или символов;

– задания с развернутым ответом.

Задания делятся на базовый (12), повышенный (11), высокий (4) уровень сложности.

Одним из самых сложных заданий является задание №27, решением которого должна быть программа, написанная на одном из языков программирования. Перед написанием программы необходимо кратко сформулировать алгоритм и указать название и версию языка программирования.

Анализируя официальные источники и сайты [1–3], систематизирующие задания и решения начиная с 2009 года, можно прийти к выводу о том, какие основные типы 27 задания использовались в ЕГЭ по информатике.

Несмотря на то, что каждый год это задание претерпевает серьезные изменения, можно выделить основные направления

© Рыбас В. И., 2020

подготовки к экзамену. Кроме базовых алгоритмов необходимо знать такие темы, как:

– обработка строк – скорее всего неактуально из-за широкого использования языка Python, который обладает преимуществом для обработки такого типа данных;

– организация данных в виде структуры «запись»;

– последовательности элементов с исходно неизвестным или определяемым на первом шаге количеством данных;

– работа с парами и тройками элементов;

– работа с парами и тройками элементов, расположенными на определенном интервале друг от друга;

– определение пар или троек элементов, сумма или произведение которых отвечают условию делимости на некоторое число.

Особенностью оценивания задания 27 является то, что при разных подходах к решению можно получить различные первичные баллы. Количество баллов зависит от эффективности предложенного алгоритма и реализации его в виде программы. Эффективность алгоритма чаще всего зависит от количества выполняемых операций и количества памяти, отводимого для хранения данных.

2. Эффективные и неэффективные алгоритмы решения 27 задания

При подготовке учащихся в любой предметной области учитель должен рассказывать решения задач так, чтобы они были правильными и максимально эффективными. С другой стороны, ситуация на ЕГЭ может сложиться совершенно иная – острая нехватка времени, сложность задания, волнение и т.д. Понимая, что каждый первичный балл играет важную роль в судьбе абитуриента, нужно сделать так, чтобы ученики умели решать задачи как эффективным способом с максимальным баллом, так и неэффективным способом с возможностью получить хотя бы некоторую часть баллов.

Неэффективность решения по памяти в большинстве случаев связана с организацией хранения последовательности данных в виде одномерного массива, при этом исходно создается массив с максимально возможным по условию задачи количеством элементов.

Неэффективность решения по количеству операций связана с алгоритмами перебора всех существующих вариантов и увеличением количества операций пропорционально увеличению количества элементов.

Приведем пример неэффективной программы подсчета количества пар элементов последовательности из N (n <= 1000) натуральных чисел таких, что их произведение будет кратно 13.

Листинг 1

Пример неэффективной программы

```
program p1;
const kmax=1000;
var a:array [1..kmax] of integer; {неэффективность по памяти}
i,j,n,k: integer;
begin
 readln(n);
 k:=0;
for i:=1 to n do readln(a[i]);
for i:=1 to n-1 do {неэффективность по количеству операций}
 for j:=i+1 to n do
 if (a[i]*a[j] mod 13 =0)
 then
 k:=k+1;
if k>0
 then
  writeln(k)
 else
  writeln('Таких элементов нет');
end.
```

Усложним задачу, добавив в условие требование: интервал между элементами должен быть не менее 5 позиций и необходимость определения не количества пар, а саму пару элементов дающую максимальное произведение кратное 13.

Листинг 2

Программа для усложненного условия

```
program p1;
const kmax=1000;
pr=5;
var a:array [1..kmax] of integer; {неэффективность по памяти}
i,j,n,max,pn1,pn2: integer;
begin
 readln(n);
for i:=1 to n do readln(a[i]);
max:=0;
for i:=1 to n-pr do {неэффективность по количеству операций}
 for j:=i+pr to n do
 if (a[i]*a[j] mod 13 =0) and (a[i]*a[j]>max)
 then
begin
 max:=a[i]*a[j];
pn1:=i; pn2:=j;
end;
if max=0
 then
 writeln('Таких элементов нет')
 else
```

```
  writeln(a[pn1],' ',a[pn2]);
end.
```

Рассмотрим эффективное по памяти и количеству операций решение первой задачи. Число 13 является простым числом (это значительно упрощает решение), поэтому можно сказать, что произведение двух натуральных чисел будет кратно 13 в следующем случае: одно из чисел должно быть кратно 13, а второе число может быть любым. Исходя из этого можно предположить, что хранить все элементы последовательности не нужно, а при вводе последовательности достаточно посчитать количество чисел, кратных 13.

Дополнительно нужно рассмотреть вопрос подсчета количества пар чисел, произведение которых кратно 13. Первый из элементов, кратных 13, может быть умножен на любой из других *N-1* элементов (все элементы последовательности, не включая его самого). Следующий элемент, кратный 13, может быть умножен только на любой из *N-2* элементов (так как пара с первым элементом, кратным 13, уже была учтена). Рассуждая аналогично, получим, что количество пар, одним из элементов которой является элемент, кратный 13, равно

$$(N-1)+(N-2)+\ldots+(N-K)=K\cdot N-\left(1+2+\ldots+K\right)$$

Сумма членов арифметической прогрессии $\left(1+2+\ldots+K\right)$ равна $K\left(K+1\right)/2$. Чтобы не получить вещественное число при делении на 2, будем использовать стандартную функцию div.

Листинг 3

Оптимизированная программа для исходного условия

```
program p1;
var
i,n,k,x: integer;
begin
readln(n);
k:=0;
for i:=1 to n do
begin
readln(x);
if (x mod 13 =0)
 then
  k:=k+1;
end;
if k=0
 then
  writeln('Таких элементов нет')
 else
```

```
  writeln(k*n - k*(k+1) div 2);
end.
```

Кратко сформулируем эффективный алгоритм решения усложненной задачи. Сформируем массив, состоящий из количества элементов равному интервалу по условию задачи, будем вводить оставшиеся элементы последовательности, при этом определяем максимум среди элементов массива и максимальное произведение между максимумом массива и очередным числом, учитываем, что максимальное произведение должно быть кратно 13. Выполняем смещение элементов массива на одну позицию влево и только что введённое число последовательности записываем в последнюю позицию массива.

Листинг 4

Оптимизированная программа для усложненного условия

```
program p1;
const pr=5;
var
 a: array[1..pr] of integer;
 n,max,p1,p2,x,j,i,m: integer;
begin
  readln(n);
  for i:=1 to pr do read(a[i]);{заполнение массива -
количество элементов равно интервалу}
  max:= 0;
  for i:= pr+1 to n do {вводим оставшиеся числа
последовательности}
   begin
    read(x);
    if a[1] > m then m := a[1];
    if (m*x mod 13 =0) and (m*x>max)
     begin
      max := m*x;
      p1:=m; p2:=x;
     end;
    for j:=2 to pr do a[j-1]:=a[j]; {смещение элементов
массива на одну позицию влево}
    a[pr]:=x; {введенное число устанавливаем в последнюю
позицию массива}
   end;
  if max=0
   then
     writeln('Таких элементов нет')
   else
     writeln(p1,' ',p2);
end.
end.
```

Если использовать другие числа в качестве критерия кратности, то количество счетчиков и алгоритм подсчета количества пар элементов значительно усложняются. В некоторых задачах для подсчета количественных характеристик можно использовать одномерный массив с количеством элементов, равным величине критерия кратности, при этом порядковый номер для хранения определяется как остаток от целочисленного деление элемента на критерий кратности.

Заключение

В данной статье были рассмотрены вопросы эффективного и неэффективного способа решения задач №27 ЕГЭ по информатике по теме делимости и интервалов между элементами последовательности. Подходы к решению задачи кардинально отличаются друг от друга. Для эффективного решения необходимо применять оптимальные способы хранения данных, алгоритмы обработки с минимальным количеством операций, а также знать свойства кратности сумм и произведений пар или троек чисел.

Список литературы

1. Тематический сайт для подготовки к ЕГЭ по информатике [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.kpolyakov.spb.ru/school/ege.htm

2. Тематический канал видеоматериалов для подготовки к ЕГЭ по информатике [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.youtube.com/channel/ UCmUcjDHUkIMhfqBfyHYXYuA

3. Федеральный институт педагогических измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://fipi.ru/EGE-I-GVE-11/demoversii-specifikacii-kodifikatory

Технологии поиска информации в сети Интернет

М. Е. Старикова, email: starik-marina@yandex.ru
Г. И. Барабаш, email: bgi-09@mail.ru

МБОУ СОШ с УИОП №8 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматриваются способы решения задания ЕГЭ по теме «Технологии поиска информации в сети Интернет».*

Ключевые слова: *ЕГЭ, информатика, информация, Интернет, поиск, запрос.*

Введение

КИМ ЕГЭ по информатике содержит задание по теме «Технологии поиска информации в сети Интернет» (в последние годы задание под номером 17). Рассмотрим методику решения этого задания.

Для поиска информации в Интернете используются специальные поисковые серверы, которые содержат постоянно обновляемую информацию о Web-страницах, файлах и других документах, хранящихся на серверах Интернета. Для быстрого поиска информации в Интернете используют поисковые запросы. Поисковый запрос – это набор ключевых слов, соединенных знаками логических операций И, ИЛИ, НЕ.

Приоритет выполнения операций, если нет специально поставленных скобок, следующий: сначала НЕ, затем И, затем ИЛИ.

Нужно понимать, что операция И (одновременное выполнение условий) сокращает объем получаемого результата, а операция ИЛИ (выполнение хотя бы одного из условий) наоборот увеличивает объем.

Операция «И» (&) обозначает одновременное присутствие ключевых слов в искомых документах, а потому уменьшает количество найденной информации. Чем больше ключевых слов соединены операцией «И», тем меньше количество найденной информации. И наоборот, операция «ИЛИ» (|) обозначает присутствие хотя бы одного ключевого слова в искомых документах, а потому увеличивает количество найденной информации.

1. Решение заданий

Пример 1. (задание 17) [1]

В языке запросов поискового сервера для обозначения логической операции «ИЛИ» используется символ «|», а для логической операции

© Старикова М. Е., Барабаш Г. И., 2020

«И» – символ «&». В таблице приведены запросы и количество найденных по ним страниц некоторого сегмента сети Интернет.

Запрос	**Найдено страниц (в тысячах)**
Поле	54
Пшеница	40
Напряженность	44
Поле& Пшеница	30
Напряжённость & Поле	14
Напряжённость & Пшеница	0

Какое количество страниц (в тысячах) будет найдено по следующему запросу: *Напряжённость* | *Поле* | *Пшеница*?

Укажите целое число, которое напечатает компьютер.

Считается, что все запросы выполнялись практически одновременно, так что набор страниц, содержащих все искомые слова, не изменялся за время выполнения запросов.

Решение. Для решения задачи используем круги Эйлера. Из условия задачи по запросу *Напряжённость&Пшеница* найдено 0 страниц, следовательно, круги, им соответствующие, не пересекаются.

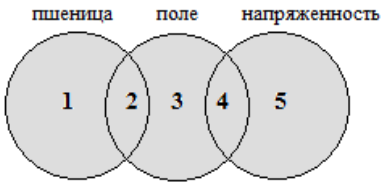


Рис. 1. Круги Эйлера для примера 1

Получившиеся области для удобства пронумеруем. Количество страниц, удовлетворяющих запросу в области i, будем обозначать N_i. Интересующему нас запросу соответствует объединение областей 1, 2, 3, 4, 5.

Из условия:

$N_1+N_2 = 40$, $N_4+N_5 = 44$, $N_2 = 30$, $N_4 = 14$, $N_2+N_3+N_4 = 54$.

Из последнего уравнения получаем, что $N_3 = 54 – (30+14) = 10$,

$N_1+N_2+N_3+N_4+N_5 = 40+10+44 = 94$.

Ответ: 94.

Пример 2. Некоторый сегмент сети Интернет состоит из 5000 сайтов. Поисковый сервер в автоматическом режиме составил таблицу ключевых слов для сайтов этого сегмента. Вот её фрагмент:

Ключевое слово	**Количество сайтов, для которых данное слово является ключевым**
Принтеры	400
Сканеры	300
Мониторы	500

Сколько сайтов будет найдено по запросу ***(принтеры | мониторы) & сканеры,*** если по запросу ***принтеры|сканеры*** было найдено 600 сайтов, ***принтеры|мониторы*** – 900, ***сканеры | мониторы*** – 750.

Решение. Заметим, что поскольку по запросу принтеры|мониторы было найдено 900 сайтов, по запросу принтеры – 400, мониторы – 500, то области М и П не пересекаются.

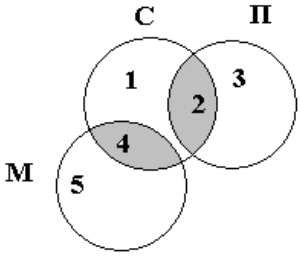


Рис. 2. Круги Эйлера для примера 2

Интересующему нас запросу *(принтеры | мониторы) & сканеры* соответствует объединение областей 4 и 2.

Из условия:

$N_2+N_3 = 400$,

$N_1+N_2+N_4 = 300$,

$N_4+N_5 = 500$,

$N_1+N_2+ N_3+N_4 = 600$,

$N_2+N_3+ N_4+N_5 = 900$,

$N_1+N_2+ N_4+N_5 = 750$,

Из 3-го и 6-го уравнений получаем, что $N_1+N_2 = 250$.

Из 2-го уравнения: $N_4 = 50$. Из 4-го: $N_3 = 600–250–50 = 300$. Из 1-го: $N_2 = 100$.

$N_4+ N_2 = 50+100 = 150$.

Ответ: 150.

Пример 3. В таблице приведены запросы и количество найденных по ним страниц некоторого сегмента сети Интернет.

Запрос	**Найдено страниц (в тысячах)**
(Суворов & Альпы) | (Суворов & Варшава)	1100
Суворов & Варшава	600
Суворов & Варшава & Альпы	50

Какое количество страниц (в тысячах) будет найдено по следующему запросу: *Суворов & Альпы?*

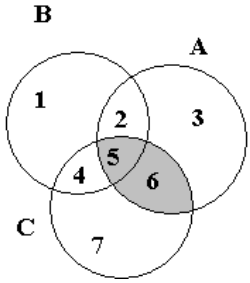


Рис. 3. Круги Эйлера для примера 3

Решение. Нам надо найти N_5+N_6.
Из условия:
$N_5+N_6+ N_4 = 1100$,
$N_4+N_5 = 600$,
$N_5 = 50$.
Из 2-го уравнения $N_4 = 550$, тогда $N_5+N_6 = 550$.
Ответ: 550.

Заключение

В данной статье рассмотрена методика решения заданий по теме «Технологии поиска информации в сети Интернет», которая, по мнению авторов, является доступной для учащихся и требует немного времени на выполнение задания.

Список литературы

1. Демонстрационный вариант ЕГЭ 2020 по информатике и ИКТ. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : http://fipi.ru/ege-i-gve-11/demoversii-specifikacii-kodifikatory

Секция 3
Проектная технология обучения на основе ИКТ

Внедрение проектной технологии обучения на занятиях по предмету «Компьютерные науки» как средство развития универсальных учебных действий

О. А. Бистерфельд, email: bist19@yandex.ru
Е. А. Комашилова, email: komashilova@mail.ru
А. А. Кудимова

МБОУ СОШ № 66 г. Пензы имени Виктора Александровича Стукалова

Аннотация. *В данной работе анализируется опыт внедрения проектной технологии обучения, приводится методика выполнения учащимися 6 класса агитационных и рекламных материалов в среде Scratch*

Ключевые слова: *проектная технология, универсальные учебные действия, компьютерные науки, Scratch.*

Введение

Приоритетное направление новых образовательных стандартов – реализация развивающего потенциала общего среднего образования. Развитие личности обеспечивается, прежде всего, через формирование универсальных учебных действий (УУД). Термин «универсальные учебные действия» означает умение учиться, способность учащихся к саморазвитию. Концепция развития УУД разработана на основе системно-деятельностного подхода (Л. С. Выготский, А. Н. Леонтьев, П. Я. Гальперин, Н. Ф. Талызин, Д. В. Эльконин, В. В. Давыдов и др.) [1].

Ведущую роль в формировании УУД играет применение в учебном процессе передовых педагогических методик, разработка интересных ученикам учебных заданий.

1. Проектная технология обучения и формируемые УУД

На рис. 1 показаны категории и виды УУД, развиваемых при использовании в образовательном процессе проектной технологии.

Работа над проектом способствует формированию умения ставить цель и добиваться ее выполнения, планировать результаты своей работы. Действуя в составе бригад из 2-3 человек, школьники учатся распределять объем работ, нести ответственность за выполнение порученной им части общего проекта, помогать друг другу в работе.

Если проект имеет практическую значимость, это является дополнительным мотивационным фактором, помогающим

© Бистерфельд О. А, Комашилова Е. А., Кудимова А. А., 2020

обучающимся понять связь между результатом учения и тем, что побуждает к деятельности, ради чего она осуществляется.

Познавательные УУД
√ выделение и формулирование цели
√ поиск информации
√ анализ
√ синтез
√ разработка алгоритмов

Регулятивные УУД
√ целеполагание
√ планирование
√ прогнозирование
√ коррекция
√ саморегуляция

Работа над проектом

Коммуникативные УУД
√ сотрудничество
√ постановка вопросов
√ выражение мыслей
√ разрешение конфликтов

Личностные УУД
√ нравственно-этическая ориентация
√ смыслообразование
√ профессиональное самоопределение

Рис. 1. Категории и виды УУД, развиваемых при применении на занятиях проектной технологии обучения

2. Последовательность работы над проектом

Работа над проектом начинается с обсуждения тематики проектов, в ходе которой учащиеся высказывают свои мысли, анализируют предложения товарищей, генерируют новые идеи.

После завершения процесса обсуждения тематики проектов, учащиеся разбиваются на группы (бригады из 2-3 человек). Учителю на этом этапе важно дать школьникам возможность самостоятельного планирования работы, интересно проследить за распределением ролей в бригадах, процессом работы над проектами.

Вместе с тем учитель не должен выступать только лишь консультантом по особенностям работы с программным обеспечением. Он проявляет искренний интерес к каждому проекту, предлагает учащимся применять различные методы психологической активизации творческого мышления, перебора вариантов, целенаправленного решения технических задач.

Важно воспитать у учащихся уважение к своему и чужому труду. При защите проектов их авторам даются советы по улучшению работ, говорится о перспективах практического применения созданного программного обеспечения или электронных образовательных ресурсов.

3. О работе над проектом «Сделаем мир чище!»

В последние годы волонтерская деятельность становится все более популярной. Поэтому актуальна задача создания электронных информационных и агитационных материалов для организации работы волонтеров.

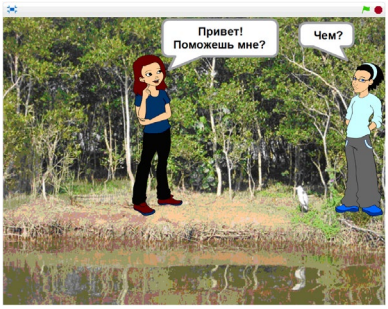
Авторами статьи разработан информационный (агитационный) ролик в среде Scratch, который можно показывать в маршрутных такси или на школьных информационных табло. Фрагменты работы приведены на рис. 2.

Заключение

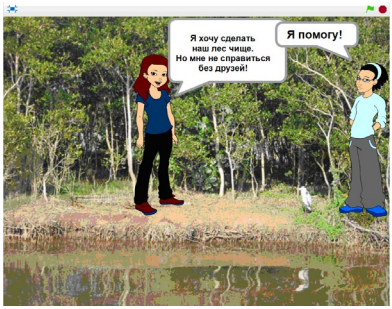
Внедрение проектной технологии обучения на занятиях по предмету «Компьютерные науки» способствует не только формированию знаний, умений и навыкой, но и развитию УУД, что в соответствии с требованиями новых образовательных стандартов необходимо для обеспечения качества образовательного процесса.

Список литературы

1. Пономарева, Е. А. Универсальные учебные действия или умение учиться / Е. А. Пономарева // Муниципальное образование: Инновации и эксперимент. – 2010. – № 2. – С. 39-42.



а



б

в

а, б – формирование команды, в – закончен процесс сбора мусора на поляне

Рис. 2. Фрагменты информационно-агитационных материалов

Формирование ИКТ-компетентности младших школьников

Е. Н. Васильева, e-mail: 9507685993@mail.ru

МБОУ Бобровская СОШ №1

Аннотация. *В данной работе рассмотрены вопросы формирования ИКТ-компетентности в начальной школе как в урочной, так и во внеурочной деятельности.*

Ключевые слова: *информатизация общества, ИКТ-грамотность, урочная и внеурочная деятельность, проектная деятельность, информационные технологии.*

Введение

В настоящее время в России идет становление новой системы образования, ориентированной на вхождение в мировое информационно-образовательное пространство. Этот процесс сопровождается существенными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса, связанными с внесением корректив в содержание технологий обучения, которые должны быть адекватны современным техническим возможностям, и способствовать гармоничному вхождению ребенка в информационное общество.

Современный мир отличается динамичным развитием во всех социально-значимых областях, и ребёнок находится в центре этого развития. Основу для учебной деятельности ребёнка и многих сфер жизни человека в обществе составляет грамотность. Современная грамотность, выросшая из традиционных «читать, писать, считать», изменяет приоритеты.

Отличительной особенностью ФГОС НОО является его деятельностный характер, ставящий главной целью развитие личности учащегося.

Система образования отказывается от традиционного представления результатов обучения в виде знаний, умений и навыков. Формулировки стандарта указывают реальные виды деятельности, которыми учащийся должен овладеть к концу начального обучения. Требования к результатам обучения сформулированы в виде личностных, метапредметных и предметных результатов.

Неотъемлемой частью Стандарта являются универсальные учебные действия (УУД). Важным элементом формирования универсальных учебных действий обучающихся на ступени начального общего

© Васильева Е. Н., 2020

образования, обеспечивающим его результативность, являются ориентировка младших школьников в информационных и коммуникативных технологиях (ИКТ) и формирование способности их грамотно применять (ИКТ-компетентность). Под «компетентностью» понимают готовность субъекта эффективно сорганизовать внутренние и внешние ресурсы для достижения поставленной цели.

Компьютерные технологии призваны стать неотъемлемой частью целостного образовательного процесса, значительно повышающей его эффективность, способствующего формированию УУД в условиях внедрения ФГОС НОО [1].

«Особенностями компьютерного обучения являются пошаговость в организации учебного процесса, наличие оперативной обратной связи на основе которой осуществляется и дифференциация обучения, обеспечивается беспрерывный контроль за деятельностью учащихся на каждом этапе его обучения. Важным компонентом такой организации учебного процесса является управление обучением с помощью компьютера, что приводит к резкому повышению эффективности усвоения материала, активизации мыслительной деятельности учащихся» [2].

1. Из опыта работы

Сейчас перед учителем стоит основная задача – научить ребенка учиться, когда он не только овладевает системой знаний, но усваивает универсальные способы действий и с их помощью сможет сам добывать информацию о мире, развитие у детей исследовательского типа мышления.

Информационная культура, знание основ теоретической информатики, умение использовать ИКТ в своей повседневной работе или учебе, умение создавать и использовать электронные информационные ресурсы, находящиеся в распоряжении человечества – таковы приоритеты нового века.

Развивать информационную культуру необходимо с начальной школы, ведь начальная школа – это фундамент образования, от того каким будет этот фундамент зависит дальнейшая успешность ученика.

Формировать ИКТ-грамотность школьников я начинаю с первых дней их пребывания в школе. Эти дни являются самыми трудными. Внимание и память пока еще, в основном, непроизвольны, отвлекаемость на занятиях довольно высока. Для снижения психических и физических перегрузок, для концентрации первоклассникам требуется внешняя помощь (интересные картинки, звуковые сигналы, игровые ситуации). Ребенок лучше всего усваивает информацию, когда не только

слышит ее, но и видит ее наглядное отображение, имеет возможность потрогать изучаемый объект.

Большие возможности для привлечения элементов игры и занимательности на уроках открываются при проведении уроков с мультимедийной поддержкой. Мультимедийные уроки я провожу по всем предметам. Я использую различные презентации, где дается не просто демонстрация изображения, а анимация, т.е. движение картинки, буквы, слова. Детям нравятся яркие образы они с интересом смотрят на экран и лучше запоминают.

На уроках обучения грамоте в 1 классе я использую электронное приложение к учебнику «Азбука». Пособие содержит разнообразный интересный иллюстрированный и озвученный материал для звуко-буквенного анализа слова, слоговой структуры слова, работы по развитию речи. Яркие рисунки, необычные, интересные задания, включённые в «Азбуку», способствуют повышению интереса к родному языку у младших школьников, позволяют в игровой форме познакомиться с учебным материалом, предоставляют широкие возможности для самоконтроля и учебной рефлексии.

Сначала мы выполняем задания коллективно. Затем родители устанавливают данное приложение и начинают работать дома самостоятельно.

Опыт сегодняшнего первоклассника позволяет ему начать использовать ИКТ для решения образовательных задач уже на начальной стадии обучения в школе. Ведущая деятельность меняется с ролевой игры на учебу, и в 1-м классе, скорее, представляет собой обучающую игру.

На уроках письма для объяснения начертания букв я использую презентацию «Учимся писать буквы», «Памятка. Письмо с секретом» и др. На уроках математики – различные тренажеры для отработки вычислительных навыков.

Значительно повысить возможности позволяет интерактивная доска. С помощью электронного маркера, «волшебной палочки», можно полностью управлять любой компьютерной демонстрацией – выводить на экран доски картинки, карты, схемы, создавать и перемещать объекты, выделять важные моменты цветными пометками.

Возможность работы с текстом при его разборе или анализе, а так же с отдельными предложениями помогает на уроках русского языка. Меняя порядок слов в предложении (используя способ перемещения объектов) можно добиться максимальной наглядности при восстановлении деформированных предложений или текстов, организовывать работу со словарными словами и т.д.

Форма работы может быть и индивидуальной, и групповой, и фронтальной. Ученик, овладевая каким-либо способом деятельности, получает опыт интеграции различных результатов образования (знаний, умений, навыков, ценностей и т.д.), и постановки (или присвоения) цели. Так происходит осознание процесса управления своей деятельностью – «компетенции» [3].

Формируются компетенции обучающихся и в процессе дополнительной работы по предмету и во внеурочной деятельности. Ребята осуществляют поиск и отбор теоретического материала для рефератов, докладов, классных часов и т.д.

Проектная деятельность также предполагает работу с различными источниками, что обеспечивает формирование информационной компетентности, связанной с поиском, анализом, оценкой информации. Дети учатся работать с компьютером составляя презентации для защиты проектов.

Массу возможностей предоставляет и дистанционное обучение, в котором участвуют мои ученики. Происходит активный обмен информацией между учащимся и преподавателем, а также между самими учащимися, используются в максимальной степени все доступные услуги новых информационных технологий.

Дети выбирают задания по своим интересам и относятся к их выполнению со всей своей детской серьезностью, ответственностью и собранностью. Лучшая награда для учителя – достижения учеников.

В целях развития познавательного интереса, желания учиться новому и формирования умений применять полученные знания в жизни в начальной школе проводятся уроки в форме образовательного события.

Это особый день. Сначала все учащиеся одной параллели собираются вместе. Проводится инструктаж, обучающиеся делятся на группы, получают маршрутные листы. Затем начинается работа, согласно полученным заданиям.

Проводя исследование по теме, обучающиеся вынуждены обращаться не только к справочной литературе, но и к Интернет-ресурсам, и к электронным источникам. А это приводит к формированию личности, обладающей информационной культурой в целом. Конечно, работа ведется под руководством, с личным участием и с помощью учителя. Эта помощь должна быть организована таким образом, чтобы корректировать действия учащихся, ненавязчиво направить их работу на достижение необходимого результата. Ребята самостоятельно получают необходимую информацию из максимально большего числа источников, анализируют, выдвигают гипотезы, строят

модели, экспериментируют и делают выводы, принимают решения в сложных ситуациях. Происходит развитие личности обучаемого, подготовка учащихся к свободной и комфортной жизни в условиях информационного общества.

Кроме того работа в группе над решением общей проблемы формирует личность, способную осуществлять коллективное целеполагание и планирование, распределять задачи и роли между участниками группы, действовать в роли лидера и исполнителя, координировать свои действия с действиями других членов группы, осуществлять коллективное подведение итогов, разделяя ответственность с членами команды.

Заключение

Новые информационные технологии в процессе обучения – это эффективное сопровождение учебного процесса в виде всевозможных ресурсов и электронных устройств. Также, можно сделать вывод о том, что современные технологии в образовательном процессе являются эффективным дополнением к учебному процессу, поскольку они оснащают урок электронными средствами, ресурсами, программной средой, дополняя учителя и делая уроки более продуманными и полезными.

Использование современных средств в обучении оптимизирует процессы запоминания и понимания у учеников, активизирует и мотивирует учебную деятельность, позволяя вывести ее на более высокий уровень, дает возможность индивидуализировать и дифференцировать учебный процесс для подстройки к особенностям каждого конкретного ребенка. Грамотное использование широких возможностей компьютерной среды позволяет доступно и эффектно представить необходимую для изучения информацию, заинтересовать детей, привлечь их внимание [4].

ИКТ-компетентность определяется как общеучебное умение работать с информацией, представленной в электронном виде. Соответственно, формирование этого умения должно проходить на всех школьных уроках и занятиях внеурочной деятельности с первых дней обучения в школе.

Использование ИКТ в работе предоставляет широкие возможности для реализации различных проектов, обеспечивает широкую творческую деятельность обучающихся в информационной среде, повышает положительный эмоциональный настрой, создает ситуацию успеха.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт начального общего образования / М-во образования и науки Российской Федерации. – Москва : Просвещение, 2010. – 31 с.

2. Хахалева, Н. Н. Использование информационно-коммуникационных технологий на уроках русского языка в начальных классах как одно из условий реализации ФГОС / Н. Н. Хахалева // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2018. – С. 32-34.

3. Компетенции и компетентностный подход в современном образовании // Серия: «Оценка качества образования» / Отв. редактор Курнешова Л. Е. – М.: Московский центр качества образования, 2008. – 96 с.

4. Селевко, Г. К. Современные образовательные технологии : Учеб. пособие для пед. вузов и ин-тов повышения квалификации / Г. К. Селевко; Проф. пед. б-ка. – М. : Нар. образование, 1998. – 255 с.

Применение принципа интерактивности и технологии блокчейн в образовательном процессе среднепрофессиональных образовательных организаций

Н. М. Жук, email: chuk_n_m@mail.ru [1]
Т. М. Дуракова, email: mix26@bk.ru [2]
С. Г. Дураков, email: bak87@list.ru [2]

[1] ОГАПОУ «Алексеевский колледж»
[2] ОГАПОУ «Валуйский колледж»

Аннотация. *В работе рассматриваются подходы к организации процесса обучения, освоению общих и профессиональных компетенций студентов средне специальных профессиональных образовательных организаций в рамках обучения в соответствии с новыми федеральными образовательными стандартами.*

Ключевые слова: *традиционные методы обучения, нетрадиционное обучение, интерактивные технологии, технология блокчейн.*

Введение

По данным исследований, в памяти человека остается 25% услышанного материала, 33% увиденного, 50% увиденного и услышанного, 75% материала, если студент вовлечен в активные действия в процессе обучения. В традиционной модели обучения функция преподавателя чаще всего сводится к трансляции содержания учебной дисциплины, быстрой передаче студентам большого объема информации (формулы, правила, алгоритмы, свойства, теоремы, готовые доказательства и т.д.). Связь преподавателя со студентами осуществляется посредством опросов, самостоятельных, контрольных работ, тестов и т. д. В общении преподаватель, как правило, занимает доминирующую или нейтральную позицию, а студента ставит в позицию подчинения.

К тому же объем учебного материала с каждым годом становится более сложным и объемным по содержанию. Если прежде необходимо было лишь выучить материал, то сегодня все чаще требуется делать свои выводы, строить свои суждения. Поэтому, как правило, в целом наблюдается снижение успеваемости студентов [1].

© Жук Н. М., Дуракова Т. М., Дураков С. Г., 2020

1. Интерактивные технологии, как способ активизации познавательной активности студентов

Интерактивность означает способность взаимодействовать или находиться в режиме беседы, диалога с кем-либо (человеком) или чем-либо (например, компьютером). Интерактивное обучение — это специальная форма организации познавательной деятельности, способ познания, осуществляемый в форме совместной деятельности студентов. Все участники взаимодействуют друг с другом, обмениваются информацией, совместно решают проблемы. Диалог возможен и при традиционных методах обучения, но лишь на линиях «преподаватель — студент» или «преподаватель — группа студентов (аудитория)». При интерактивном обучении диалог строится также на линиях «студент— студент» (работа в парах), «студент — группа студентов» (работа в группах), «студент— аудитория» или «группа студентов— аудитория» (презентация работы в группах), «студент— компьютер» и т.д. По сравнению с традиционными формами ведения занятий, интерактивная модель обучения предусматривает существенное изменение роли преподавателя в учебном процессе — из источника знаний и информации преподаватель превращается в помощника и консультанта, организатора и координатора занятий [2].

Обучение имеет свои особенности, связанные, прежде всего, с тем, что содержание предмета усваивается в большей степени через решение задач, показ применения теоретический знаний и взаимосвязей между ними на практике. Это говорит о том, что в процессе преподавания должны сочетаться традиционные и инновационные формы, методы и технологии обучения.

2. Интерактивность – эффективный способ визуализации

Новое поколение студентов, выросшее на компьютерах, планшетах и мобильных телефонах, имеет большую потребность в визуальной информации и зрительной стимуляции. Сегодняшние студенты реже читают книги, предпочитая их познавательным ресурсам информационной сети Интернет. Поэтому для активизации учебной деятельности нынешних студентов уже недостаточно методов и оборудования, применявшихся в традиционном обучении. Использование интерактивной доски в учебном процессе значительно повышает эффективность усвоения материала студентами, при значительной экономии времени, а также мотивирует студентов на получение знаний и успешность. Студенты с удовольствием удерживают повышенную динамичность информационного потока, создаваемого с помощью интерактивной доски. Они с интересом воспринимают мультимедийные материалы и прямые обращения к интернет-сайтам, в

результате, работа на занятии становится живым действием, вызывающим у студента неподдельную заинтересованность и, как следствие, усвоение большего количества информации [2, 3].

Доска может быть использована как экран для демонстрации видеоматериалов, медиалекций, собственных презентаций, интерактивных пособий. И, все-таки, главное преимущество электронной доски – возможность создания флипчарта. Один файл может объединить в себе и презентацию, и фрагмент медиалекции с учебного диска, и интерактивный режим решения задач, и обычную доску с набором всевозможных инструментов. Это позволяет реализовать большинство педагогических приемов, повысить плотность учебного занятия, насытить его увлекательным содержанием. Обучение с увлечением не только улучшает запоминание материала, но делает его более осмысленным и долговременным. Таким образом, новые подходы к организации обучения, опираются на прогрессивные информационные технологии, в частности, на мультимедиа и интерактивные [4].

В отличие от обычного мультимедийного проектора интерактивная доска имеет больше возможностей. Интерактивная доска — сенсорный экран, присоединенный к компьютеру, изображение с которого передает на доску проектор. Достаточно прикоснуться к поверхности доски, чтобы начать работу на компьютере. Она позволяет управлять процессом презентации (двустороннее движение), вносить поправки и коррективы, делать цветом пометки и комментарии, сохранять материалы занятия для дальнейшего использования и редактирования, позволяет выполнять геометрические построения и строить графики функций с помощью набора виртуальных инструментов, что дает возможность вовлечь студентов в исследовательскую работу. Работа на интерактивной доске ведется специальным электронным пером, маркером или даже пальцем в зависимости от технологии её изготовления [5].

Интерактивную доску возможно применять как на лекциях так и на практических занятиях. На лекции при изучении нового материала важную роль играет наглядность, поэтому новый материал по некоторым темам лучше представлять в виде презентации, воспроизведенной через интерактивную доску. Преимущество презентации, воспроизведенной через интерактивную доску в том, что можно делать в ней пометки, дополнительные записи, выделять цветом наиболее важную информацию. Все это позволяет акцентировать внимание студентов на значимых моментах излагаемой информации. При текущем контроле знаний, например, при проверке усвоения устного материала с помощью маркера можно использовать задания для

установления соответствия, задания на повторение изученных формул, понятий и задания с пропусками. На данном этапе электронная ширма может скрыть рисунок, решения, которые можно открыть в нужный момент. Удобно использовать интерактивную доску для проведения самостоятельной работы студентов с последующей проверкой (электронная ширма или затенение). Возможности интерактивной доски позволяют создавать видео уроки, которые помогают студентам самостоятельно с использованием компьютера освоить новый материал [3].

Таким образом, можно выделить следующие основные преимущества работы с интерактивной доской в процессе проведения учебных занятий в студенческой среде, о чем свидетельствуют наблюдения и уровень повышение качества знаний в среднем на 44%:

– занятия становится более интересными для студентов, следствием этого является повышение интереса к предмету;

– лучшее понимание учебного материала студентами, так как интерактивная доска делает изучаемый материал наглядным и иллюстративным;

– возможность многократного использования материала;

– предоставление больше возможностей для взаимодействия студентов и обсуждения;

– быстрое получение обратной связи, что дает возможность своевременно корректировать процесс обучения;

– возможность для студентов быстро включаться в учебный процесс и т. д.

3. Технология блокчейн

Еще одно направление, которое позволит не только автоматизировать процесс учета знаний студентов, но и позволит анализировать и совершенствовать процесс обучения – это применение элементов технологии блокчейн. Важной ее особенностью является невозможнось манипулировать данными и перезаписать их не получится. Более того, всем желающим доступна информация о том, кто добавил ту или иную запись в систему [4].

Инновационная технология блокчейн (англ. blockchain) имеет уникальные возможности функционирования практически в любой сфере жизнедеятельности общества. Ее отличительной чертой является организация процесса без посредников. Основное преимущество технологии — данные не у одного источника, а у всех пользователей. Технология функционирует на основе математического алгоритма, цифровые записи формируются в блоки (англ. block – блок), которые соединяются в хронологическую цепочку (англ. chain – цепочка). Новую

информацию анализируют ПК сети, и если результат их работы сходится, то образуется новый блок с присвоенной ему уникальной подписью.

Поскольку реестр данных в блокчейне уже не хранится в каком-то одном месте, а распределен на компьютерах сети, то уже становится невозможным заменить данные, которые уже сформированы в блоки и имеют свою подпись. Любая попытка изменить информационный блок будет иметь несоответствие с данными остальных участников блокчейна, что сразу будет воспринято как фальсификация информации. Это, в свою очередь, является гарантом высокой надежности и безопасности данных Именно поэтому применение блокчейна в любой из сфер жизни общества может положительно отразиться на ней, в том числе и на процессе обучения [6].

Одной из сфер, куда начинают активно интегрировать блокчейны, является сфера хранения документов и их контроля. Здесь особенно важно, что данными манипулировать никто не сможет и перезаписать их не получится. Более того, всем желающим доступна информация о том, кто добавил ту или иную запись в систему. Такой подход может использоваться не только для удостоверений личности или документов на имущество, ведь для сферы образования он пригоден не меньше [1].

Заключение

Наряду со многими преимуществами, подготовка занятия с использованием интерактивной доски, с применением элементов технологии блокчейн является трудоемким процессом и требует больших затрат времени. Большинство преподавателей, в отличие от студентов, принимают с не желанием, так как для преподавателей есть много трудностей в практике использовании инновационных технологий. Часть этих трудностей относится к субъективным факторам (например, трудности освоении нового электронного прибора и необходимость переделывать старые наработки к учебным занятиям, необходимость осваивать новые программные продукты и т. д.), а часть — к объективным (например, высокая цена на интерактивные доски, сложность организации автоматизированной работы студентов на рабочих местах) [7].

Важно отметить, что применение инновационных технологий на занятиях все же должно сочетаться с традиционными методами обучения. Студенты не должны утратить навыки работы с учебником, дополнительной литературой, наглядными пособиями. Преподаватель должен четко определить целесообразность применения инноваций, являющихся одним из инструментов педагогической деятельности и требующих соответствующего применения. Для развития идеи и

расширения исследуемой области предлагаются следующие направления дальнейших разработок разработка технической модели реализации использования технологии блокчейна в образовании на основе теоретических моделей, подробное рассмотрение аспектов решения конкретной проблемы образования или науки с помощью технологии блокчейн.

Список литературы

1. Блокчейн [Электронный ресурс] / Википедия — свободная энциклопедия. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Блокчейн
2. Бельчусов, А. А. Межличностное сетевое общение с учителями / А. А. Бельчусов // Педагогика. – 2012. – № 5. – С. 109-112.
3. Биткойн [Электронный ресурс] / Википедия — свободная энциклопедия. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Биткойн
4. ALPARI [Электронный ресурс]. Перспективы применения технологии блокчейн в повседневной жизни. – Режим доступа : https://alpari.com/ru/beginner/articles/vadiyants-blockchain-technology/
5. Калитин, С. В. Субъективные и объективные трудности в практике использования интерактивных досок в вузах // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – Т. 3. – С. 2861–2865. – Режим доступа: http://e-koncept.ru/2013/53577.htm
6. Якиманская, И.С. Разработка технологии личностно-ориентированного обучения / И. С. Якиманская // Вопросы психологии. – 1995. – № 2. – С. 13-21.
7. Блокчейн и IoT: перспективы взаимодействия и проблемы на пути развития [Электронный ресурс] / ForkLog – сайт про Биткойн, блокчейн, криптовалюты и финтех. — Режим доступа: https://forklog.com/blokchejn-i-iotperspektivy-vzaimodejstviya-i-problemy-na-puti-razvitiya/

Применение проектно-экспертной технологии при обучении магистрантов

Ю. Л. Ипатова, email: yu.ipatova@gmail.com

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются аспекты применения проектно-экспертной технологии при изучении дисциплины «Управление ИТ-проектами» в рамках реализации магистерской программы «Информационные системы в социально-политической сфере» по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика.*

Ключевые слова: *ИТ-проекты, проектная технология обучения, система сбалансированных показателей для оценки ИТ-проектов.*

Введение

В соответствии с национальным проектом «Цифровая экономика» до 2024 года вузы должны принять на программы высшего образования в сфере информационных технологий не менее 120 000 специалистов. Для выполнения целевых показателей нацпроекта требуется подготовка квалифицированных специалистов, способных предлагать и реализовывать инновационные проектные решения в процессе цифровизации различных сфер деятельности человека. Поэтому проектно-экспертная технология обучения уже сегодня востребована вузовским и образовательным сообществом, а выпускников, владеющих навыками применения этих методик, ожидают на отечественном рынке труда.

1. Актуальность применения проектно-экспертной технологии

Сегодня в САФУ имени М.В.Ломоносова для уровня магистратуры направлений подготовки 09.04.03 Прикладная информатика и 09.04.02 Информационные системы и технологии существует единый модуль, куда входит и курс Управление проектами.

В рамках этого курса студенты разрабатывают любые проекты, используя проектный метод и классические методики разработки программного обеспечения/информационных систем, с которыми многие из них уже знакомы с бакалавриата, т.к. и на этом уровне также

© Ипатова Ю. Л., 2020

существует единый университетский модуль, куда входит дисциплина «Проекты».

Использование гибких методологий разработки ПО и методики оценки ИТ-проекта с помощью системы сбалансированных показателей в преподавании курса «Управление ИТ-проектами» позволит сделать курс более современным, интересным и востребованным для магистрантов, которые, как правило, уже работают в ИКТ-сфере и нуждаются в новых знаниях.

Благодаря внедрению проектно-экспертной технологии обучения в изучении дисциплины «Управление ИТ-проектами» подготовка магистрантов еще больше приблизится к требованиям профессиональных стандартов 06.016 «Руководитель проектов в области информационных технологий», 06.022 «Системный аналитик», которые заявлены как соответствующие профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу магистратуры по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика.

Внедрение этой технологии подразумевает вовлечение потенциальных работодателей из числа руководителей компаний, ИТ-специалистов и др. в образовательный процесс. Тандем преподавателей и «профессионалов» придаст курсу практико-ориентированный, прикладной характер, и обогатит обе стороны новые знаниями.

2. Описание применяемых методик

Гибкие методологии разработки ИТ-проектов позволяют получить результат в короткие сроки силами небольшой команды. Комплексно оценить такой проект поможет сбалансированная система показателей, которая является не только инструментом оценки эффективности внедрения ИТ, но и системой стратегического управления предприятием. Без использования ИКТ сегодня для современного предприятия невозможна реализация многих стратегических задач, поэтому BSC абсолютно применима для оценки ИТ-решений. Инновационным подходом к преподаванию дисциплины «Управление ИТ-проектами» является использование этих методик, объединенных в проектно-экспертную технологию, в рамках одного курса.

В данную технологию также входит метод проектов. Он формирует у студентов систематические знания о технологиях и технике управления проектами. Подобная практика используется во многих российских вузах [1], в т.ч. в САФУ.

В рамках разработки этой технологии были исследованы возможности применения гибких методологий разработки ИТ-проектов при создании студенческих проектов [2, 3].

ИТ-проекты представляют собой синтез инвестиционных и инновационных проектов, указанная особенность должна учитываться при их оценке и анализе. Существует множество методов оценки экономической эффективности инвестиций в ИТ-проекты, в основном, это традиционные финансовые методики, которые изучаются в экономических науках и информационном менеджменте. Именно оттуда заимствована система сбалансированных показателей, которую можно успешно применить для оценки ИТ-проектов.

«Сбалансированная система показателей (BSC) – это система стратегического управления компанией на основе измерения и оценки ее эффективности по набору оптимально подобранных показателей, отражающих все аспекты деятельности организации, как финансовые, так и нефинансовые» [4].

Компании, используя в своей деятельности BSC, обычно учитывают следующие «перспективы:

– финансы (традиционные финансовые цели, результаты работы и факторы, которые на них прямо или косвенно влияют);

– клиенты (показатели, отражающие качество работы с клиентами);

– внутренние бизнес-процессы (показатели, определяющие эффективность бизнес-процессов);

– обучение и развитие (факторы, отражающие компетентность персонала компании, возможности для инноваций, развития и расширения компании) [4].

Позднее на основе традиционной сбалансированной системы показателей (BSC) была разработана аналогичная система показателей для ИТ-службы – IT Balanced Scorecard (IT BSC), которая включает следующие перспективы:

– вклад в бизнес (нацелена на получение наибольшей ценности для бизнеса за счет инвестиций в ИТ);

– пользовательская перспектива (показывает, как пользователи реагируют на функционирование ИТ);

– качество эксплуатации (нацелена на предоставление отлаженных процессов при разработке, внедрении и поддержке программ/информационных систем);

– долгосрочная ориентация (нацелена на развитие возможностей и предоставление ресурсов для решения новых задач).

На основе этих перспектив можно определить признаки оценки ИТ-проектов. По мнению доктора экономических наук, профессора Е. Н. Ефимова «… использование методологии BSC для оценки эффекта от ИТ–проекта позволяет определить, во-первых, насколько

предполагаемый проект соответствует целям компании и во-вторых, каков его возможный или фактический результат» [5].

3. Описание реализации проектно-экспертной технологии

В рамках курса Управление ИТ-проектами очной магистратуры «Информационные системы в социально-политической сфере» по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика активно применяется проектно-экспертная технология. Она заключается в том, что в первой части изучения дисциплины магистранты разрабатывают проект в сфере ИКТ (по запросу региональных предприятий), используя современные методики разработки ИТ-проектов (Agile, Scrum, XP и т.д.) и опираясь на требования национальных и международных стандартов в сфере ИКТ. Проекты могут быть индивидуальными или групповыми. Важно, чтобы каждый студент побывал в ролях разных участников проекта и прошел через все этапы разработки программного продукта/информационной системы. Затем магистранты выявляют признаки оценки ИТ-проекта на основе использования системы сбалансированных показателей для понимания успешности своего проекта. Однако уникальность методики заключается в том, что во второй части изучения курса магистрант выступает в роли эксперта, оценивая другой проект по системе сбалансированных показателей для оценки ИТ-проектов. В результате у магистрантов развиваются профессиональные компетентности, соответствующие проектному виду профессиональной деятельности. Разработкой и реализацией проектно-экспертной технологии для курса «Управление ИТ-проектами» занимаются преподаватель, имеющий опыт создания и реализации ИТ-проектов, и эксперт-консультант, потенциальный работодатель, имеющий большой стаж работы в сфере ИКТ, из числа руководителей организаций, деятельность которых связана с направленностью реализуемой программы магистратуры. Такой подход к разработке курса делает его особенным.

Защита студенческих ИТ-проектов обычно проходит на научном семинаре лаборатории информатизации прикладных исследований САФУ, т.е. защита проектов является открытой для студентов магистратуры и бакалавриата, заинтересованных преподавателей, представителей региональных ИТ-кампаний. Магистрантам, представившим лучшие проекты, предлагается продемонстрировать свои результаты на ежегодной научно-практической конференции «Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых учёных – 2020» (Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск) и опубликовать их в сборнике материалов конференции.

Успешность применения проектно-экспертной технологии в рамках курса «Управление ИТ-проектами» оценивается по интересу студентов к поставленным задачам и результатам их деятельности. Предполагается, что в процессе изучения этой дисциплины магистранты покажут способности и умения:

– разрабатывать ИТ-проект и представлять его потенциальную успешность по четырем основным аспектам деятельности компании (вклад в бизнес, пользовательская перспектива, качество эксплуатации, долгосрочная ориентация);

– оценивать ИТ-проект с помощью системы сбалансированных показателей.

Востребованность этой методики оценивается следующими показателями:

– использованием магистрантами результатов разработки ИТ-проекта в своем научном исследовании;

– заинтересованностью стейкхолдеров (из числа потенциальных работодателей или заказчиков ИТ-продуктов/услуг);

– заинтересованностью преподавателей-коллег из других вузов.

В 2019 году в рамках изучения курса «Управление ИТ-проектами» магистрантами были разработаны проекты по темам:

– Разработка автоматизированной системы агрегации данных с подключенных сервисов.

– Создание кроссплатформенного мобильного приложения на основе открытых данных Архангельской области.

– Оптимизация процесса учёта обращений граждан в органы власти посредством внедрения программного продукта 1С.

– Разработка онлайн-сервиса ведения аналитики социальных сетей для предприятия.

– Разработка информационной системы для регистрации и учета входящих документов от респондентов Федеральной службы государственной статистики и др.

Все проекты выполнялись по заказу предприятий/организаций. Они также являются частью научных исследований магистрантов по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика.

В рамках изучения курса «Управление ИТ-проектами» с помощью проектно-экспертной технологии у студентов формируются и развиваются профессиональные и универсальные компетенции, в т.ч. УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. Это позволяет в целом университету легче осуществить переход на новые стандарты ФГОС3++.

Сегодня САФУ находится в процессе по разработке самостоятельно утвержденных образовательных стандартов университета. На уровне магистратуры выделена группа компетенций «Разработка и реализация проектов», которые можно сформировать в рамках предлагаемого курса и описанной технологии. В образовательное ядро магистратуры будет входить Проектно-исследовательский модуль, одной из дисциплин которого будет Управление проектами. Поэтому проектно-экспертная технология в изучении дисциплины «Управление ИТ-проектами» актуальна и востребована в процессе разработки самостоятельно утвержденных образовательных стандартов университета.

Заключение

Пока перед российским обществом стоят задачи национального проекта «Цифровая экономика», студенческие ИТ-проекты, разработанные в рамках курса «Управление ИТ-проектами» с использованием проектно-экспертной технологии будут интересны региональными предприятиями и организациями.

Список литературы

1. Матвеева, Л. Г. Управление ИТ-проектами : учебное пособие / Л. Г. Матвеева, А. Ю. Никитаева ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2016. – 228 с.

2. Кон, М. AGILE. Оценка и планирование проектов / М. Кон ; перевод с английского Вячеслав Ионов. – Москва : Альпина паблишер, 2019. – 417 с.

3. Аппело, Ю. Agile-менеджмент. Лидерство и управление командами [Текст] / Ю. Аппело ; перевод с английского [А. Олейник]. – Москва : Альпина Паблишер, 2018. – 533 с.

4. Лощилина, И. BSC (Сбалансированная система показателей) и Business Studio [Электронный ресурс]: Система бизнес-моделирования Business Studio – описание, моделирование, оптимизация бизнес-процессов, 2004-2020. – Режим доступа : https://www.businessstudio.ru/articles/article/bsc_sbalansirovannaya_sistema_pokazateley_i_busine/

5. Ефимов, Е. Н. Эффективность ИТ-проектов в системе сбалансированных показателей/ Е. Н. Ефимов // Аспирант. – Издательство: Южный университет (ИУБиП) (Ростов-на-Дону), 2015. – №2(7). – С. 8-10.

Использование метода проектов при подготовки индивидуальных проектов учащимися

М. А. Павличенко, e-mail: mipavl@mail.ru

Муниципальное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №25 с углубленным изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза Б. И. Рябцева» г. Россоши

Аннотация. *Данная статья показывает принципы работы над индивидуальным проектом при изучении с использованием основ робототехники.*

Ключевые слова: *индивидуальный проект, программирование, робототехника.*

Введение

Информатизация образования – процесс обеспечения сферы образования методологией и практикой разработки и оптимального использования современных средств ИКТ, ориентированных на реализацию психолого-педагогических целей обучения и воспитания. Это процесс сопровождается существенными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса. Информационно-образовательная среда современной школы должна реализовать возможность инновационных технологий, а также эффективно организовать индивидуальную и коллективную работу школьников, обеспечивая тем самым целенаправленное развитие их самостоятельной познавательной деятельности [1–3].

В современных условиях созрела необходимость опираться именно на мышление, а не запоминание. Ю.А. Конаржевский в своей книге «Система. Урок. Анализ» [4] писал: «поставьте задачу на уроке в такие условия, чтобы они толкали, провоцировали школьников на активное действие, создавали внутреннею мотивацию учения, причем не «ВЫ-нуждения», а «ПО-буждения» к решению исследовательских задач…».

Конкретных знаний и навыков, привязанных к определенным темам и предметам, впрок дать средней школе невозможно. Главным становится развитие умений самостоятельного приобретения и применения знаний в соответствии с личностными целями и потребностями, решение актуальных для учащихся проблем. Большое значение отводится формированию способов деятельности,

© Павличенко М. А., 2020

применяемых как в рамках образовательного процесса, так и при решении проблем в реальных жизненных ситуациях.

1. Метод проектов

Метод проектов способствует формированию у учащихся адекватной самооценки, поднятию их имиджа в окружающей среде, усилению «Я».

Основа данной модели обучения – это серьёзная, самостоятельная работа ученика. При данной модели обучения быстро выявляются ученики с повышенными способностями к самостоятельному освоению учебного материала. Эти ученики в первую очередь и с хорошим качеством выполняют все наборы учебных заданий, что позволяет осуществлять дифференцированный подход к ученику. Каждый может работать над задачей в индивидуальном темпе и не зависит от успеваемости других учащихся.

С введением в школе ФГОС проектная деятельность вышла на новый этап и перешла из внеурочной деятельности в урочную, а также стала итоговой работой по окончании 9 и 11 класса. Индивидуальный итоговой проект представляет собой учебный проект, выполняемый обучающимся в рамках одного или нескольких учебных предметов с целью продемонстрировать свои достижения в самостоятельном освоении содержания и методов избранных областей знаний и/или видов деятельности. Руководителем проекта является учитель-предметник, классный руководитель, педагог дополнительного образования, преподаватель ВУЗа. Выбор проекта обучающимся осуществляется в сентябре текущего учебного года, когда формируется поле проектной деятельности на учебный год. Для формирования поля проектной деятельности и её организации каждый учитель-предметник определяет тематику проектов по своему предмету (от 5 до 10 тем), помимо этого классные руководители и педагоги дополнительного образования определяют тематику социальных проектов.

Одна из самых больших проблем, которую приходится решать с учащимися – это выбор темы проекта. Совместить «Хочу и Надо». Многие подростки хотят в будущем получить специальность, связанную с информационными технологиями, часто не предполагая, да и не зная обо всех возможностях и направлениях данной области. Я как учитель информатики, а также преподаватель, ведущий дополнительные занятия по робототехники и программированию, в основу выбора темы предлагаю взять именно данные направления.

Темы могут быть различными, например, связать с изучением ПДД, а также все, что с этим связано автоматизированная парковка, изучение неровностей дороги и т.д.

Можно предложить варианты, приведённые в таблице.

Таблица

Примеры тем проектов

Проблема проекта	**Темы проекта**	**Возможные цели проекта**	**Продукт проекта (варианты)**
Неудовлетворённость работой общественного транспорта. Невозможность припарковаться около дома.	«Автоматизированная парковка» или «Может ли общественный транспорт стать комфортным?» или «Безопасное вождение».	Выявить причины плохого знания ПДД; составить мониторинг работы общественного транспорта; способы парковки; контроль безопасного вождения.	Конструкция робота и программа «Правила безопасного вождения»; программа «О правилах ПДД»; конструкция робота

Основные этапы разработки робототехнических проектов:

– определение темы проекта;

– постановка цели и задач представляемого проекта. Гипотеза;

– разработка механизма на основе конструктора Лего-модели NXT, EV3;

– создание программы для работы робота в среде Lego Mindstorms, EV3, (RoboLab);

– тестирование модели, устранение ее неисправностей. Доработка модели;

– презентация проекта.

Допустим такой пример завершенного проекта «Автоматизированная парковка».

Конструкция робота.

В состав данного робота входит:

– 2 сервомотора;

– 1 ультразвуковой датчик;

– элементы Lego;

Ходовая часть робота состоит из двух моторов, подсоединённых к портам A и B, двух пар больших колёс и переднего привода.

Каркас представляет собой прямоугольник, микрокомпьютер NXT размещен сверху на каркасе. На каркасе параллельно колесам расположен датчик ультразвука, определяющий расстояние до препятствия.

Рисунок. Робот для проекта «Автоматизированная парковка»

Робот-парковщик был создан для реализации двух основных задач: движение вдоль стены без смещений и выполнение маневров парковки в свободной области. Основной элемент, который выполняет эти задачи – ультразвуковой датчик. Программа в роботе выполняет следующий алгоритм: во время движения робот сканирует область слева от себя, на наличие свободной области.

Если по левой стороне находится стена, то в этом случае требуется двигаться вдоль неё, выравнивая движение по мере приближения к стене или отдаления от неё. Таким образом, движение происходит до тех пор, пока не будет зафиксировано свободное пространство. В этом случае алгоритм выполняет следующую часть: измерение расстояния, необходимого для размещения робота в свободном месте.

Происходит это следующим образом: робот проезжает расстояние, минимально необходимое для перпендикулярной парковки. Затем он снова определяет ультразвуковым датчиком наличие или отсутствие препятствия слева от него. Если эта зона будет уже занята, то происходит уведомление о том, что припарковаться в этой области невозможно и робот продолжает путь, сканируя левую зону, повторяя алгоритм с начальной точки. В случае, при перемещении на минимально

допустимое расстояние и фиксировании свободной зоны, происходит ещё одно измерение зоны парковки для маневра параллельной парковки.

Известно, что наиболее эффективный способ преподавания – это наглядная демонстрация и синхронное объяснение изучаемого материала. «По данным учёных человек запоминает 20% услышанного и 30% увиденного, и более 50% того, что он видит и слышит одновременно».

Учащиеся работают над проектам опираясь на:

– овладение навыками самостоятельного получения новых знаний, организации учебной работы, постановки целей, планирования, самоконтроля и оценки результатов своей деятельности, умениями предвидеть возможные результаты своих действий;

– освоение приемов действий в нестандартных ситуациях, овладевают поиском методов решения возникающих проблем;

– формирование умений работать в команде.

Заключение

Сегодня основной целью образования становится развитие самого ребенка как личности, его способностей, творческого потенциала. Стандарты второго поколения в стране направлены на творческую, активную личность, способную проявить себя в неординарных условиях, гибко и самостоятельно использовать приобретенные знания в разнообразных жизненных ситуациях.

Одаренные дети достаточно требовательны к себе, часто ставят перед собой не осуществимые в данный момент цели, что приводит к эмоциональному расстройству и дестабилизации поведения. Очень важно, что возможность введения индивидуального образовательного маршрута дает большие возможности для развития детской одаренности. Чем раньше у ребенка обнаруживаются способности к той или иной деятельности, чем больше внимания будет уделено их развитию, тем легче будет ему найти свое призвание.

Список литературы

1. Оспенникова, Е. В. Основы технологии развития исследовательской самостоятельности школьников : Эксперимент как вид учеб. исслед. : Учеб. пособие / Е. В. Оспенникова; М-во образования Рос. Федерации. Перм. гос. пед. ун-т. – Пермь, 2002. – 374 с.

2. Пентин, А. Ю. Исследовательская и проектная деятельности: сущность и форма / А. Ю. Пентин // Новые ценности образования. – 2006, вып. 1-2. – С. 36-41.

3. Формирование пространственного мышления у детей младшего школьного возраста на уроках математики [Электронный

ресурс]. – Режим доступа : https://knowledge.allbest.ru/pedagogics/2c0b65635b2bd68a4c53b89521206c36.html

4. Конаржевский, Ю. А. Система. Урок. Анализ / Ю. А. Конаржевский ; Псков : Изд-во Псков. обл. ин-та усовершенствования учителей, 1996. – 439 с.

Использование ИКТ в проектной деятельности учащихся на уроках истории и обществознания

Л. М. Симонова, email: isimonov@rambler.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 1» г. Воронежа

Аннотация. *В статье представлен опыт применения средств ИКТ в процессе проектной деятельности учащихся. ИКТ выступают в роли инструментов для обработки материалов, для оформления проектного продукта. Технологии расширяют возможности индивидуализации учебной деятельности, позволяют осваивать новые способы и методы получения знаний.*

Ключевые слова: *ИКТ, проекты, системно-деятельностный подход, компьютерные коллажи, плакаты и афиши, лэпбуки*

Введение

В современном мире происходит все более глубокое внедрение информационных технологий в различные сферы человеческой жизни. В процесс информатизации успешно вовлекаются гуманитарные школьные предметы, в том числе история и обществознание. Это выражается в широком распространении электронных учебников, компьютерном тестировании, во все более расширяющейся проектной деятельности [1].

Учителя истории и обществознания в своей педагогической практике применяют проектные технологии достаточно часто. Смысл вовлечения учащихся в проектную деятельность заключается в развитии их интеллектуальных способностей решать практические проблемы и познавать изменяющийся мир.

Сочетание проектных и информационных технологий позволяет процесс работы над проектом и презентацию проектного продукта сделать более яркими и увлекательными.

1. Творческие проекты в практике учителя истории и обществознания

В настоящее время педагоги применяют различные по назначению проекты: ролевые, практико-ориентированные, исследовательские, творческие и т.д.

© Симонова Л. М., 2020

Современная дидактика указывает на особенности творческих заданий – они отличаются необычной формой, непривычным характером выражения условий, сложностью и нестандартностью. Творческий проект предполагает максимально свободный и нетрадиционный подход к оформлению результатов. Интересной возможностью реализации проектных замыслов может стать работа в различных программах, создание разнообразных продуктов с использованием средств ИКТ: это может быть коллаж, афиша или плакат, дневник путешествия или экскурсия.

Коллаж – техника создания картины или графического произведения путем применения различных наклеек из плоских (фотографии, ткани, вырезки из газет и т.п.) и объемных (проволока, веревки, бусины и др.) материалов. Коллажем также называется произведение, целиком выполненное этим приёмом. Компьютерный коллаж представляет собой, как правило, композицию, включающую в себя сочетание рисунков, фотографий, графических фигур и надписей [2].

Используя программы Adobe Photoshop, Фотодекор, Avatan, Photoscape, Paint и др. учащиеся могут реализовать мини-проекты, отражающие их видение определённой исторической эпохи. Особенно удачным будет выбор данной формы работы при изучении истории XX века, богатой и на героические, и на трагические события, полной открытий и изобретений, преобразовавших общество. Например, создавая коллаж на тему «СССР в годы правления Хрущева», девятиклассники использовали фотографии выдающихся деятелей культуры, науки, плакаты «Кукуруза – царица полей», изображения полёта Гагарина, карикатуры о Холодной войне. Главным требованием является обязательное размещение на компьютерном коллаже значимых для эпохи событий и явлений. Это в свою очередь требует критического осмысления материала, определения собственного отношения к эпохе, её понимания, умения обосновать свой выбор.

Не менее интересной формой работы при изучении истории и обществознания является разработка и презентация афиш и плакатов (один из вариантов – интерактивных). Изучив культуру Серебряного века, учащиеся с удовольствием отразили её особенности в концертных афишах отечественных певцов, музыкантов, артистов балета, а развитие СССР в послевоенные годы раскрыли на афишах, призывающих посетить ВДНХ. Создавая плакаты социальной направленности, школьники применяли графические стили К. Малевича и В. Маяковского для их оформления. В состав пакета Microsoft Office входит программа Publisher, которая достаточно проста в

использовании. Благодаря огромному количеству шаблонов можно создавать открытки, буклеты, газеты и т.п.

Ученики 5-6 классов с удовольствием создают лэпбуки – несложные по конструкции интерактивные папки с «кармашками», куда они помещают материал по определённой теме. Например, лэпбук «Школа» содержит кармашки: «портфель», «расписание», инструкции, правила поведения и т.п.

Таким образом, использование компьютерных коллажей, афиш и плакатов, лэпбуков при изучении истории выполняет важную образовательную цель: оно позволяет систематизировать знания учащихся, уметь выделять главное, способствует формированию навыков анализа. Подготовив работу индивидуально, учащиеся должны обосновать свой выбор, а, работая в группах, подбирая материал и отстаивая свою точку зрения, должны прийти к общему результату. Еще одним важным результатом является «погружение» ученика в обстановку какой-либо исторической эпохи, создание иллюзии соприсутствия, сопереживания.

Владение навыками видеомонтажа позволит применить их при создании дневника путешествия или маршрута экскурсии, сопровождающегося собственными комментариями. Это может быть путешествие по окраинам Российской империи или по СССР времен перестройки, экскурсия в средневековый замок и т.п.

Заключение

Проектная деятельность с использованием ИКТ-технологий помогает в решении важной педагогической задачи – заинтересовать ученика, ликвидировать его интеллектуальную пассивность. Работа над проектами развивает логическое мышление, учит отделять главное от второстепенного, структурировать информацию, анализировать, формирует творческие способности, повышает уровень ИКТ - компетентности учащихся. Творческий характер проектной деятельности содействуют становлению объемных и ярких представлений о прошлом, а создание продуктов такого рода, интересных и обладающих огромным творческим потенциалом, может стать эффективным инструментом активизации познавательной деятельности при изучении истории и обществознания.

Список литературы

1. Лазарев, В. С. Проектная и псевдопроектная деятельность в школе / В. С. Лазарев // Народное образование. – 2014. – № 8. – С. 130-137.

2. Шек, Ю. С. Коллаж на уроке информатики / Ю. С. Шек // Информатика в школе. – 2014. – № 4. – С. 36-39.

Создание среды для формирования сообществ обучающихся с повышенными образовательными потребностями

Н. И. Сысоева, email: nata_rabota@mail.ru

МБОУ СОШ №94 имени генерала Лизюкова А.И. г. Воронеж

Аннотация. *Данная работа представляет собой методический проект по формированию базовых компетенций у школьников в области инновационной, научной и изобретательской деятельности. Стратегической целью внедрения в педагогическую практику образовательного учреждения данного проекта является удовлетворение потребностей региональной экономики в критически мыслящих личностях – будущих специалистах, способных обеспечить реализацию социальных и технологических программ и проектов лидерства Воронежской области.*

Ключевые слова: *образовательная среда, сообщество, модель, индивидуальный образовательный маршрут, исследование, проектирование.*

Введение

Важность реализации в регионе [1] проекта по поддержке общей мотивации к обучению детей в условиях школы любого типа давно приобрела характер необходимости. Сегодня проблема воспитания детей, мотивированных к обучению, одаренных и талантливых школьников, напрямую связана с новыми условиями и требованиями быстро меняющегося мира, породившего идею организации целенаправленного образования людей, имеющих ярко выраженные способности в той или иной области знаний. Процесс глобализации стимулирует активность личности, указывает на необходимость подготовки ее к будущему, ставит новые цели и задачи перед системой образования в стране, поскольку от её решения в итоге зависит интеллектуальный, творческий и экономический потенциал государства. Государству необходимы научные кадры, которые смогут развивать науку и поднимать ее на новую высоту [2].

Подобное понимание значимости способного и мотивированного к обучению школьника обеспечивает переход от развития каждого ребенка к формированию интеллектуального потенциала общества, от образования и воспитания элиты – к элитарному по своему качеству образованию и воспитанию.

© Сысоева Н. И., 2020

На текущий момент результаты педагогической практики по-прежнему свидетельствуют о преобладании, низкого уровня педагогического мастерства родителей и низкой готовности педагогов к работе с талантливыми детьми с точки зрения современных технологий.

В связи с этим региону необходима эффективная модель системной работы по выявлению и сопровождению талантливых детей [1] в условиях каждой школы, способствующая созданию единого информационного пространства – объединения средствами информатизации различных направлений работы школы с целью создания необходимых условий для перехода на качественную новую ступень образования и воспитания обучающихся, максимальному раскрытию потенциальных возможностей каждого ребенка, в том числе совершенствование системы поддержки талантливых детей с раннего возраста и их сопровождение, развитию, оказанию адресной тьюторской поддержки любому ребенку, который в ней нуждается, разработке индивидуальных образовательных маршрутов с учетом специфики творческой и интеллектуальной потребности ребенка, развитию образовательных практик по внедрению метапредметных олимпиад и интеллектуальных состязаний, формированию личностного и профессионального самоопределения ребенка, информационной поддержке педагога, формированию у родителей целостного понимания воспитательного процесса, привлечение их к организации воспитательного процесса в различных формах, организация социальной работы на высоком уровне [3].

1. Инструменты образовательной среды

Сегодня любое учебное заведение, в том числе и школа, превращается в конструктора образа жизни, в структуру, дающую личности навыки для непрерывного образования и развития. Возникает культура обучения, предполагающая обучение жизни в социуме (social learning), в постоянно меняющейся среде, то есть культура непрерывного обучения. Обучающееся сообщество, или образовательная среда — явление, предполагающее взаимодействие учащихся в процессе решения конкретных вопросов определенной деятельности. Это открытая форма, объединяющая постоянно пополняющийся комплекс звеньев, способная к неограниченному расширению, это формирующаяся неформальная группа заинтересованных участников, работающих над решением общих проблем. Сообщество, как и среда не может быть специально спроектировано, организовано или создано в приказном порядке. В основе существования сообщества, порожденного средой лежит деятельность (действия) и обмен знаниями и опытом посредством

коммуникационных систем: социальных сервисов, общения и др. Среда [4] сообщества наполнена объектами, агентами и ситуациями, которые помогают думать по-новому, воспитывают толерантность и критическое мышление, умение совместно мыслить, способствует децентрализации моделей и стратегий. Цель сообщества (как главной составляющей формирования и существования сообщества) может определяться самим создателем (мобилизатором), а также конструироваться под воздействием мнения членов сообщества, и направлена на решение определенных задач. Цели должны отвечать требованиям конкретности, реальности, контролируемости. Что означает ее достижимость посредством возможности обеспечения ресурсами с правильно выбранной стратегией.

Целеполагание в данном контексте – это создание среды для обучающихся, в которой наставник осуществляет программирование их деятельности по достижению ими максимальных целей с предоставлением каждому равных возможностей доступа к ресурсному потенциалу школы.

Инструменты для создания этой образовательной среды должны быть универсальны, технологичны с точки зрения обеспечения образовательного процесса, иметь свой методологический инструментарий и создавать совершенно новые возможности для любого ребенка, позволяя сконструировать образовательную программу образовательной организации общего образования, рабочие программы по учебным предметам, программы внеурочной деятельности, программы элективных курсов, технологические карты уроков в основе которого сформированы сообщества обучающихся.

Важными направлениями ФГОС начального, основного и среднего общего образования являются развитие ИКТ-компетентности современного школьника, внимание к проявлениям его самостоятельной деятельности, вариативности этой деятельности, возможности выбора, предоставления пространства (среды) для выполнения различных проектных, исследовательских заданий на основе интересов школьника, предоставление обучающимся современных и эффективных инструментов образовательной деятельности. Особое внимание необходимо уделять развитию самостоятельной инициативы школьников в группе и индивидуально.

Для формирования высокоэффективной с точки зрения поддержки коммуникаций образовательной среды необходимо использовать средства оптимизации образовательного процесса, которые помогут решить проблемы по формированию сообществ обучающихся в любом образовательном учреждении, не перегрузят педагогических работников

и не создадут дополнительной нагрузки на школьников и их родителей, логично и адекватно позволят создать пространственно-предметной среды ОУ для организации учебной и внеучебной деятельности обучающихся. Таким инструментом может стать, например, пространственно-предметная среда на основе электронного обучения.

2. Структура образовательной модели

Основной целью экспериментальной работы школы может являться разработка модели системы сопровождения и развития метапредметных навыков у учащихся в рамках комплексной подготовки учащихся к участию в олимпиадах, конкурсах и исследовательских конференциях. Создание и апробация данной модели приведет к новообразованиям в работе с высокомотивированными детьми в условиях общеобразовательного учреждения и региона в целом. Это позволит наметить перспективы, определить приоритеты работы со способными к обучению детьми, разработать мероприятия по достижению поставленных целей.

Этапы внедрения модели в учебный процесс:

1 год: Знакомство школьников с новыми образовательными практиками.

2 год: Выбор школьниками дисциплин, методов, форм и последовательности обучения. Опыт в использовании образовательных практик.

3 год: Участие в непрерывных олимпиадах и конкурсное движение школьников.

Здесь базовыми идеями по внедрению модели в образовательный процесс являются:

1. педагогика успеха – интегрально-личностный подход педагогики, обращающий пристальное внимание на индивидуальные характеристики ученика и его стремление к самореализации;
2. positive school – изначальная ориентация школьника на успех в обучении;
3. свобода выбора и самоопределения между разными возможностями;
4. эксперимент и право на ошибку;
5. четырехмехное образование – образование, выраженное в качественных знаниях, навыках, личных качествах школьника и умение учиться - это внутренние процессы, то, как мы осмысляем и адаптируемся к обучению;
6. навыки будущего: комплексное решение проблем, критическое мышление, креативность, умение управлять людьми,

взаимодействие с людьми, эмоциональный интеллект, умение анализировать и принимать решения, навыки ведения дискуссий, гибкость мышления;

7. ранние стажировки – ранняя профориентация школьника, деятельность по приобретению профессионального опыта.

Учитывая сложившиеся в регионе традиции и состояние работы с талантливыми детьми в качестве образовательной модели работы школы должна быть выбрана распределѐнная сеть сетевого взаимодействия образовательных учреждений. В качестве основы для построения сети выступают договоры сетевого взаимодействия с образовательными организациями. Сетевое сотрудничество направлено на достижение образовательных целей, создание возможностей для использования, при необходимости, ресурсов друг друга. Инструментом для взаимодействия образовательных учреждений может быть электронная среда.

Для учащихся других школ модель образовательной системы представит собой электронную систему дистанционного обучения (площадку), которая содержит все ключевые функции, необходимые для проведения учебного процесса посредством сети Интернет: от авторизации учащегося на площадке до окончательной оценки его работы по каждой изучаемой дисциплине. Система представляет возможность общения обучающегося с преподавателем в любое удобное время.

Функционирование модели такого обучения находится под контролем директора образовательной организации, который определит ведущие цели и задачи по всем направлениям деятельности участников проекта. Достижение целей и задач проекта обеспечивает рабочая группа из числа сотрудников организации под управлением координатора проекта, отвечающего за работоспособность площадки по всем направлениям работы. Рабочая группа проекта организована из членов научно-методического совета, психолого-педагогической службы, информационно-технической службы и родителей.

Дистанционное и электронное обучение учащихся предполагает появление реального многообразия обучающих материалов, что обеспечит реализацию права выбора учащимися, их родителями (законными представителями) собственной образовательной траектории с учетом индивидуальных образовательных потребностей и маршрутов.

3. Планируемые результаты эффективности

Анализ опыта деятельности среды обучающихся сообществ показывает, что эффективность включения в образовательный процесс методов самостоятельной и групповой исследовательской и проектной деятельности зависит от успешной реализации следующих задач [1]:

1. прогнозирование развития образования;
2. создание депозитария инновационных образовательных ресурсов;
3. развитие человеческого потенциала;
4. создание службы сопровождения и развития компетентностей всех участников;
5. информатизация в условиях интеграции новых форм обучения.

Значимость проекта для развития системы образования региона:

1. разработаны и апробированы управленческие и методические механизмы реализации дистанционной и электронной форм обучения мотивированных учащихся;
2. сформировано коллаборативное пространство взаимодействия всех участников образовательного процесса в регионе;
3. на базе школы реализован методический центр поддержки педагогов;
4. обеспечено непрерывное образование внутри региона.

4. KPI или ключевые показатели эффективности

Образовательная организация:

1. использование ресурсов не менее пяти новых сетевых партнеров в год;
2. применение современных образовательных технологий и практик не менее чем у 80% учителей, способствующих повышению научного интереса к обучению у ребенка;
3. организация и проведение на базе школы олимпиад, в том числе метапредметных, НПК, цикла открытых лекций, курсов по развитию навыков мышления;
4. диссеминация опыта педагогов-наставников проектов.

Учащиеся:

максимальное достижение поставленных целей учениками за год в соответствии с индивидуальным образовательным маршрутом:

- участие в не менее чем в одной олимпиаде, двух НПК, 1-3 конкурсах;
- знакомство и реализация учащихся с 3-4 образовательными практиками.

Заключение

Устойчивое развитие современной системы образования возможно лишь в сближении образовательных учреждений, научных, производственных и общественных организаций и других. Основной целью конкретного образовательного учреждения как мобилизатора (аниматора и координатора) социально-педагогической среды выступает

аккумуляция и концентрация интеллектуальных, материальных, экономических, информационных и научных ресурсов образовательного пространства для реализации совместной активной деятельности, способствующей развитию обучающихся сообществ образовательного учреждения в целом и каждой личности в частности.

Модели обучающихся сообществ [5] могут быть весьма разнообразны и зависят от реализуемой концепции учреждения. В одних случаях во главу угла ставится подъем культурного уровня и выработка гражданской позиции людей, в других – создание информационно-коммуникационных технологий, в-третьих – интеллектуальное развитие, в четвертых - содействие экономическому росту. Но все направлены на улучшение благополучия человека в целом.

Таким образом, создание образовательной среды в школе может быть определено как обучение людей, объединенных долгосрочно или кратковременно общими согласованными целями, интересами, потребностями, реализация и достижение которых строится на взаимодействии, сотрудничестве и социально-педагогическом партнерстве и равноправном использовании имеющихся и потенциальных ресурсах, и направлено на личностное и общественное развитие.

В данном случае обучающиеся сообщества [6, 7] – это творческие объединения педагогов (сотрудников), родителей учащихся и учащихся, представителей организаций - социально-педагогических партнеров, которые стремятся совершенствовать свои знания в области различных наук и сфер жизни, развивать свой интеллект, творческий потенциал, приобретать умения и навыки организации и проведения познавательно-практической работы в различных областях жизнедеятельности. А процесс социализации внутри сообществ является процессом становление, развития, саморазвития, самореализации, самоактуализации человека и становится социальным эффектом взаимодействия в ходе жизнедеятельности индивидов.

Список литературы

1. О государственной (областной) поддержке одаренных детей в Воронежской области [Электронный ресурс] : закон Воронежской обл. от 06.11.2013 г. № 161-ОЗ / Воронежская область. Законы. — Доступ из СПС Гарант. – Режим доступа : http://www.garant.ru/hotlaw/voronezh/505636/

2. Концепция Федеральной целевой программы развития образования на 2016-2020 годы (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2014 г. № 2765-р) [Электронный

ресурс]. — Доступ из СПС КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173677/

3. Концепция общенациональной системы выявления и развития молодых талантов (утв. Президентом РФ 03.04.2012 г.) [Электронный ресурс]. — Доступ из СПС КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_131119/

4. Рабочая концепция одаренности. 2-е издание, расширенное и переработанное / Д. Б. Богоявленская, В. Д. Шадриков, Ю. Д. Бабаева и др. — Москва, 2003. – 90 с.

5. Теплов, Б. М. Способности и одарённость // Психология индивидуальных различий. Тексты. – М.: МГУ, 1982. – С. 129-134.

6. Ильин, Е. П. Психология творчества, креативности, одаренности / Е. П. Ильин. – Санкт-Петербург : Питер, 2012. – 448 с.

7. Клименко, В. В. Как воспитать вундеркинда / В. В. Клименко. – Харьков : Фолио ; Санкт-Петербург : Кристалл, 1996. – 463 с.

STEAM образование в начальной школе на основе образовательных наборов Lego

В. И. Чемарев, email: unlivers@gmail.com
Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru
И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru

МБОУ Отрадненская СОШ № 2

Аннотация. *С помощью межпредметной проектной деятельности, включающей проектирование, конструирование и программирование робототехнических моделей, ученики начинают понимать, как соотносится реальная жизнь и абстрактные научные теории и факты. Благодаря использованию ориентированных на ключевые предметы естественно-научного цикла начальной школы учебных материалов, WeDo 2.0 помогает ученикам научиться задавать правильные вопросы и делать правильные выводы об окружающем их мире. Ученики учатся определять проблемы, работать сообща, находя уникальные решения и каждый урок совершая новые открытия.*

Ключевые слова: *STEAM образование, Lego WeDo 2.0, учится сложным понятиям в игровой форме.*

Введение

STEAM образование делает обучение значимым для ученика. Учебная среда STEAM позволяет ученикам установить связь между понятиями, изученными в классе, и тем, как эти понятия применяются в реальном мире, в котором они живут. Для того чтобы ученики развивали навыки решения проблем, обучение STEAM начинается с фундаментальных основ математики, механики и т.п., а затем бросает им вызов в использовании этих навыков, а также критического мышления для решения различных реальных проблем.

1. Обучение STEAM

STEAM (S – science, T – technology, E – engineering, A – art и M – mathematics) – в переводе с английского это будет звучать так: естественные науки, технология, инженерное искусство, творчество, математика.

Как выглядит обучение STEAM?

STEAM образование делает обучение значимым для ученика. Учебная среда STEAM позволяет ученикам установить связь

© Чемарев В. И., Кузнецова Т. М., Щербинина И. В., 2020

между понятиями, изученными в классе, и тем, как эти понятия применяются в реальном мире, в котором они живут. Для того, чтобы ученики развивали навыки решения проблем, обучение STEAM начинается с фундаментальных основ математики, механики и т.п., а затем бросает им вызов в использовании этих навыков, а также критического мышления для решения различных реальных проблем.

Несмотря на то, что обучение STEAM связано с наукой и математикой, интеграция других дисциплин - таких как социальное взаимодействие и абстрактное мышление - позволяет ученикам увидеть, что реальные проблемы носят междисциплинарный характер. STEAM обучение - это исследование различных реальных ситуаций и проблем с использованием практических экспериментов и итеративных методов. Ученики работают вместе в командах и используют исследовательские навыки и учебные материалы, чтобы решить проблему или построить решение - таким образом, развивая важные навыки мышления.

2. Lego WeDo 2.0 как база для обучения STEAM

Многие исследователи и учителя согласны с тем, что включение науки, техники, инженерного дела и математики в раннее образование обеспечивает сильную мотивацию и значительное улучшение скорости обучения. Большинство учебных программ в начальных школах включают ряд понятий, которые охватывают науку и математику, но меньше усилий прилагается к обучению решению проблем, информатике, технологиям и робототехнике. Использование робототехнических систем и введение робототехники в качестве учебного предмета могут привнести возможность передачи детям основ техники и придания им иного рода человеческих и организационных ценностей [1].

LEGO WeDo 2.0 – это простая в использовании робототехническая платформа, которая знакомит учеников с практикой обучение через кирпичики LEGO и простейшую форму графического программного обеспечения, которую мы должны им предложить. Это веселый и простой способ познакомить младших школьников с основными инженерными концепциями в раннем возрасте. Использование LEGO Education WeDo обеспечивает практический опыт обучения, который активно привлекает детей. Креативное мышление, умение работать в команде и навыки решения проблем. LEGO Education WeDo - это практическая платформа, которую ученики начальной школы могут использовать для создания простых робототехнических приложений, управляемых персональным компьютером. Благодаря сочетанию интуитивного и интерактивного интерфейса LEGO Education WeDo [2].

Lego WeDo 2.0 представляет из себя образовательный набор, элементарное научное решение, которое развивает научный подход к решению поставленных в классе задач. Для этого используются знакомые ученикам кубики Lego, умный хаб, и крайне дружественный программный интерфейс, в котором программирование происходит в понятной и доступной ученику визуальной среде.

3. Процесс обучения

На первых этапах ученики знакомятся с общей темой занятия через подготовленный для этого короткий стилизованный ролик. После этого получают простую и понятную схему для сборки конструкции и подключения разъёмов. Сборка происходит из привычных для современного поколения кубиков Lego, яркие, знакомые, удобные в использовании, позволяют ученику собрать полностью готовую модель менее чем за час. Для совершения этого ученику приходится применять свои знания по математике, высчитывая длину деталей, ширину, и соотносить их с деталями на схеме. Так же важна работа в команде, что развивает социальные навыки, словарный запас и демонстрирует важность профессионального взаимопонимания группы специалистов. Сам ученик, увлеченный процессом, зачастую не понимает, что использует математику на этом этапе из-за чего она не вызывает отторжения как нечто скучное. По окончанию сборки ученик производит сопряжение собранной модели по средствам технологии Bluetooth и может приступать к программированию.

Программирование проходит в дружественной визуальной среде, разработанной специально для учеников этого возраста, она яркая, интуитивно понятная и доступная в освоении. Ученик начинает с простого действия будь то звук или движение, после задания усложняются, появляются циклы, ожидания и начинается работа с датчиками. На первых этапах у ученика есть пример который он должен полностью повторить для получения ожидаемого результата. В итоге закончив работу по инструкции он приступает к экспериментам таким как: изменение программы или конструкции, а возможно и того и другого, при этом для него нет никаких ограничений, так как сам набор Lego WeDo практически нельзя испортить, так и программа так или иначе совершит какое-то наглядное действие. Таким образом ученик, экспериментируя, лучшим из образов получит ответ на вопрос «А что если…?» [3].

Результатом таких занятий является полностью работающий механизм, не связанный с компьютером проводами, но получающий от него программу. Такой результат всегда вызывает у учеников яркие эмоции, на первых занятиях им даже не верится, что это все работает и

что это результат сугубо их работы. Это воодушевляет ученика и подстегивает интерес к следующим заданиям которых они с нетерпением ждут. Воодушевление от появившихся возможностей сильно развивает творческие способности, желание изучать, создавать, разрабатывать.

На следующем этапе ученик не получает схему полностью, он получает лишь схему силовой установки, а также группу изображений готового механизма, и информацию о его назначении. Делая выводы основываясь на данных с изображения ученик сам решает, что, как и в какой последовательности собирать. На этом этапе он принимает множество решений, как творческого характера, так и основанных на собственных вычислениях и выводах о последовательности. Справится ученику помогает ранее полученный опыт, сходство конструкций с конструкциями предыдущего этапа и знания об окружающем его мире [4].

Программирование происходит уже без подсказок, решающим в данном случае является выполнение механизмом своей целевой функции, так же, как и в процессе сборки сказывается ранее полученный опыт и знания, а также интуитивно понятный интерфейс. На данном этапе от ученика ожидается осознанный подход как к процессу, так и к результату [5].

Последним этапом являются проекты с открытым решением. Ученик получает общее задание, для решения которого нужно разработать решение. На этом этапе нет ни схемы, ни примера для программирования. Ученики самостоятельно справляются с поставленной задачей, составляют программу в соответствии со своим техническим решением.

Заключение

С педагогической точки зрения, использование подобных наборов имеет ряд важных достоинств. Во-первых, это стимулирование мотивации учащихся к получению знаний. При работе с Lego-конструктором учащийся видит плоды своей работы и имеет возможность применить полученные знания на практике. Кроме того, работа по созданию робота предполагает активную творческую деятельность ребёнка. Это реализуется через решение нестандартных для учащегося задач и большое количество вариантов решения. Во-вторых, это развитие интереса учащихся к технике, программированию и конструированию. Использование подобных конструкторов в образовательном процессе ведет к популяризации профессии инженера, а также прививает учащимся интерес к робототехнике. В-третьих, это формирование навыков программирования, развитие логического и

алгоритмического мышления. В условиях информатизации образования остро встаёт необходимость поиска новых подходов к развитию алгоритмических умений школьников. Старый подход к обучению школьников программированию при помощи только языков программирования (Паскаль, Бейсик) и в редких случаях использования компьютерных исполнителей (Робот, Чертёжник и др.) уже не отвечает реалиям сегодняшнего дня. Современное образование требует более активного внедрения робототехники в курс школьной информатики [6].

Всё вышесказанное свидетельствует о том, что использование наборов Lego WeDo в процессе обучения информатике позволяет перейти к изучению основ робототехники, а также преодолеть недостатки традиционного подхода в обучении программированию и вывести его на новый уровень.

Список литературы

1. Steam программы в начальной школе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.stratfordschools.com/blog/steam-programs-elementary-school-what-expect

2. Решения LEGO Education для дошкольного образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://education.lego.com/ru-ru

3. Skolkovo Robotics International Conference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://community.sk.ru/press/events/febfuary2013/robotics/

4. Официальный сайт программы «Робототехника. Инженерно-технические кадры инновационной России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.russianrobotics.ru/

5. Филиппов, С. А. Робототехника для детей и родителей / С. А. Филиппов. – СПб.: Наука, 2013. – 319 с.

6. Образование в цифрах: 2013. Краткий статистический сборник. Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. – 80 с.

Секция 4
Компьютерное моделирование и образовательные технологии

Обучение созданию скриптов в трехмерном редакторе Blender

А. И. Вавилин, email: enzo.13@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени Макара Евсевьевича Евсевьева»

Аннотация. *В данной статье рассматривается вопрос разработки и проведения элективного курса по созданию скриптов в редакторе Blender. Осуществляется обзор основных инструментов скриптинга в Blender, а также приводится возможная структура содержания данного элективного курса и структура занятий.*

Ключевые слова: *трехмерное моделирование, Blender, скрипт, 3D-редактор, Python.*

Введение

Компьютерные трехмерные модели прочно вошли в жизнь современного человека. Времена, когда преобладали двумерные мультсериалы и кинофильмы давно позади, а сложность создания 3D-объектов уже не столь высока как раньше. Буквально говоря, сейчас любой школьник способен без каких-либо финансовых вложений спроектировать объемную графическую модель сидя дома за компьютером. Вместе с этим, несмотря на доступность, данная деятельность пользуется достаточно большим спросом на рынке труда – в любую рекламную, игровую, телевизионную компанию всегда требуются хорошие специалисты, способные создавать качественную трехмерную графику. Кроме того, 3D-моделирование, ввиду своей творческой направленности, вызывает все больше интереса у молодежи. Все это порождает потребность в наличии дисциплины трехмерного моделирования в школе, однако, школьные программы зачастую не подразумевают ее как отдельную дисциплину и включают в общий курс информатики, в котором 3D-редакторы рассматриваются лишь поверхностно.

В результате, изучение трехмерного моделирования становится возможно лишь в виде элективных и факультативных курсов. Однако это также позволяет сконцентрироваться на отдельных аспектах моделирования, либо же на конкретных редакторах, при необходимости создавая курсы, посвященные только этому. Одним из подобных курсов может стать создание скриптов в редакторе Blender – тема, которая

© Вавилин А. И., 2020

может быть актуальна для тех, кто уже имеет навыки работы в программе и хочет расширить возможности, а также оптимизировать процесс создания трехмерных моделей. Актуальным вопросом может стать то как структурировать элективный курс, каким образом строить занятия в данном элективном курсе, на чем стоит сделать акцент. Далее в данной статье будет рассмотрена примерная структура элективного курса по созданию скриптов в редакторе Blender, а также возможная структура занятий.

1. Основные инструменты создания скриптов в Blender

Начинать изучение любой дисциплины необходимо с самых азов и продвигаться постепенно, дабы у учащихся не возникало пробелов в знаниях, которые вызовут серьезные затруднения в будущем. В данном случае крайне важно будет на самых первых занятиях курса уделить достаточное внимание основным инструментам для написания скриптов в Blender и дальнейшем по возможности возвращаться к этому на каждом последующем занятии, чтобы учащиеся свободно могли ориентировались в интерфейсе программы, а также отлично знали базовый синтаксис языка, используемого в написании скриптов.

Языком программирования для написания скриптов в Blender служит Python. Его интерпретатор изначально встроен в Blender и не нуждается в отдельной установке. Сам пакет при этом выполняет роль интегрированной среды разработки – IDE (Integrated Development Environment), предоставляя разработчику базовый инструментарий в виде текстового редактора и интерактивной Python-консоли [1].

К настоящему времени можно говорить о том, что API пакета Blender является вполне готовым, несмотря на продолжающееся интенсивное развитие пакета. Однако некоторые его части всё ещё не задокументированы именно благодаря последнему обстоятельству [1].

Графический интерфейс Blender в режиме скриптинга является одной из первых вещей, с которой учащиеся должны познакомиться в начале прохождения элективного курса и представлен он несколькими основными панелями инструментов:

1. Script Editor – текстовый редактор с подсветкой синтаксиса.
2. Видовое окно, на котором отображается проекция трёхмерного объекта.
3. Интерактивная Python-консоль.
4. Outliner – реестр, представляющий все объекты текущей сцены в иерархическом порядке.
5. Панель свойств объектов и контекстное меню, предоставляющее доступ к константам и ссылкам на справочные материалы Blender Python API [1].

Внешний вид графического интерфейса Blender представлен на рисунке.

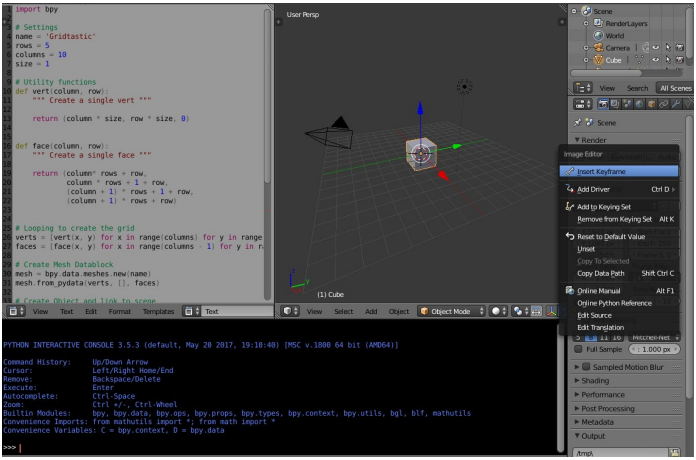


Рисунок. Графический интерфейс Blender в режиме скриптинга

Не менее важным аспектом в изучении написания скриптов в редакторе Blender является наличие знаний и навыков в области программирования. В частности, весьма полезным, и отчасти необходимым, будет являться умение работать с языком Python. От данного умения будет зависеть скорость прогресса в изучении скриптинга в Blender, однако учащиеся вполне могут начать изучать Python уже в процессе прохождения элективного курса. Для этого на первых занятиях предполагаемого курса необходимо подробно рассмотреть синтаксис Python, особенности его интерпретатора в Blender, а затем на каждом последующем занятии уделять время для повторения и закрепления изученных основ, добавляя к ним новые команды и операторы.

Первое открывающее занятие курса по изучению создания скриптов в редакторе Blender вполне можно отвести на знакомство или повторение интерфейса программы, а также на рассмотрения синтаксиса языка Python. Необходимо также указать непосредственную связь между текстовым редактором, интерактивной консолью и видовым окном, на котором отображаются трехмерные объекты, поступательно демонстрируя как изменяется сцена при выполнении тех или иных команд. На последующих же занятиях, после четкого усвоения основ, можно уже начинать пробовать писать первые простейшие скрипты.

2. Структура содержания элективного курса по созданию скриптов в редакторе Blender и структура занятий

Касательно структуры занятия элективного курса по созданию скриптов на языке Python в редакторе Blender следует отметить, что доминирующую позицию должна занимать практическая деятельность учащихся. Как и в дисциплине информатика, в данном курсе основной изучаемый материал требует взаимодействия непосредственно с компьютером, в следствие чего присутствует ощутимое преобладание практических занятий над лекционными [2].

После вводного занятия курса, где происходит лишь знакомство с интерпретатором Python в Blender, последующие занятия целесообразно начинать с этапа актуализации изученного раннее знания, а также проверки домашнего задания если оно было дано. Большую часть лекционных занятий должна занимать работа непосредственно с языком Python: закрепляться синтаксис, изучаться новые модули, функции. Все это наиболее эффективно производить в виде лекций, на которых учащиеся будут конспектировать материал. На практических же занятиях учащиеся должны применять и закреплять полученные знания, работая уже непосредственно в редакторе Blender. Каждое практическое занятие должно сопровождаться самостоятельной практической работой учащихся, которая будет служить отчетом о работе на занятии [2].

Стоит учитывать, что трехмерное моделирование – это в первую очередь творческая деятельность, поэтому необходимо предоставлять учащимся домашние задания, в которых они смогут полноценно проявить свою индивидуальность, выразить какие именно аспекты изучаемого материала заинтересовывают их больше всего.

Сам элективные курс по созданию трехмерной графики в Blender с помощью языка Python можно разделить на три части: первая часть будет иметь ознакомительный характер, в ней учащиеся постепенно знакомятся с интерпретатором Python в Blender и начинают работать с самим языком программирования; вторая часть курса может представлять собой основной блок материала курса, где учащиеся будут воспроизводить скрипты в Blender и уже пробовать писать простейшие скрипты сами; третья же часть элективного курса может быть полностью отчетной: здесь учащиеся демонстрируют полученные знания в разработке собственных творческих проектов и осуществляют их защиту перед классом.

В целом, проведение элективного курса по скриптингу в Blender не отличается какими-либо кардинальными особенностями в сравнении с прочими курсами по 3D-моделированию или 2D-графике и, как и они, требует акцента на активной практической деятельности учащихся.

Заключение

Разработка элективных курсов по созданию скриптов в редакторе Blender с применением программирования на языке Python призвана помочь учащимся приобрести и углубить знания в области трехмерного компьютерного моделирования, ввиду того, что основная школьная программа не подразумевает углубленное изучение 3D-графики.

Занятия элективных курсов имеют более свободную форму в сравнении с классическими школьными уроками, в результате чего открывается простор для различных вариаций структуры занятий курса. В данной статье была приведена возможная структура содержания элективного курса по созданию скриптов в редакторе Blender с помощью программирования на языке Python, а также структура отдельных занятий данного элективного курса.

Список литературы

1. Филиппов, С. В. Программная платформа Blender как среда моделирования объектов и процессов естественно-научных дисциплин / С. В. Филиппов // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2018. – № 230. – С. 42.

2. Победоносцева, М. Г. Методические подходы к разработке системы элективных курсов по информатике / М. Г. Победоносцева // Информатика и образование. – 2008. – № 10. – С. 25-28.

Моделирование информационного процесса деловой игры

С. Г. Дураков, email: bak87@list.ru[1]
Т. М. Дуракова, email: mix26@bk.ru[1]
Н. М. Жук, email: chuk_n_m@mail.ru[2]

[1] ОГАПОУ «Валуйский колледж»
[2] ОГАПОУ «Алексеевский колледж»

Аннотация. *В данной работе рассматривается алгоритм моделирования информационного процесса деловой игры.*

Ключевые слова: *деловая игра, орграф, матрица инциденций орграфа.*

Введение

Повышение эффективности подготовки специалистов на основе внедрения новых прогрессивных форм и методов обучения – важная задача, стоящая перед педагогами высших и средних учебных учреждений. Одним из эффективных методов подготовки квалифицированных кадров, получившим широкое распространение среди других форм обучения, являются деловые игры (ДИ) [1, 2].

1. Моделирование информационного процесса деловой игры

Решим задачу возможного моделирования структуры информационного процесса деловой игры, для этого будем учитывать факторы вероятности возникновения любого из событий.

Пусть имеется набор всех ситуаций:

$$S = (s_1, s_2, ..., s_i, ..., s_n),$$

где s_i – i-я ситуация из n возможных в процессе деловой игры. Используя метод экспертных оценок, установим связь между отдельными ситуациями методом ранжирования возможностей появления ситуации s_j после s_i, где $i, j = 1, 2, ..., n;\ i \neq j$. Для моделирования связей между ситуациями воспользуемся понятием ориентированного графа (орграфа).

Зададим орграф $G(S, E)$, где S – множество узлов определяющих все ситуации из S, оно не пусто из условия задачи и его мощность $|S| = n$; E – множество дуг упорядоченных пар элементов множества S, определенных экспертами ранее:

© Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Жук Н. М., 2020

$$E = (e_1, e_2, .., e_m).$$

Необходимо дать понятие смежности для узлов орграфа $G(S, E)$. Пусть s_1, s_2 – узлы орграфа, тогда $e_1 = (s_1, s_2)$ – соединяющая их дуга. Отсюда узел s_1 и дуга по определению графа e инцидентны, узел s_2 и дуга также инцидентны. Две дуги, инцидентные одной вершине, называют смежными, два узла, инцидентные одной дуге, также называют смежными [3].

Отсюда орграф содержит все важные ситуации, которые являются маршрутом на графе. Поставим себе задачу определить для полученного орграфа $G(S, E)$ любой произвольный маршрут узлов с учетом фактора вероятности его появления в процессе деловой игры. Если решить поставленную задачу, то возможно получить развитие определенных событий с точностью до вероятности их появления при реальной организации деловой игры.

Для решения данной задачи необходимо ввести понятие матрицы инциденций $D[i, j]$ для произвольного орграфа.

Представление орграфа с помощью матрицы $D[i, j]$, отражающей инцидентность узлов и дуг, называется матрицей инциденций, которая представляется следующим образом:

$$D[i, j] = \begin{cases} 1, \\ 0, \\ -1, \end{cases} \qquad (1)$$

где $D[i, j] = 1$ если узел s_i инцидентен дуге e_j и является его концом; $D[i, j] = 0$ если узел s_i не инцидентен дуге e_j; $D[i, j] = -1$ если узел s_i инцидентен дуге e_j и является его началом [3].

Отсюда, используя орграф, построим матрицу $D[i, j]$, для чего воспользуемся (1). Используя матрицу инциденций орграфа, возможно строить различные маршруты на орграфе, для чего необходимо определить алгоритм моделирования событий.

Построим возможный алгоритм в форме алгоритмического описания с последующей возможностью реализации на различных языках объектно-ориентированного программирования:

1. Введем шесть переменных: s := ' ' – пустая строка; b := false – логическая; i := 1; j; t; g – число; одну матрицу a[i,j], в которую

поместим параметры $D[i, j]$, и один одномерный массив k[t] – для хранения возможностей перехода из одного узла в два или более узлов.

2. Введем цикл с постусловием, переменным внутри цикла присвоим t := 1; b := false.

3. Введем цикл счетчик от j := 1 до 29.

4. Внутри цикла счетчика будем проверять условие a[i,j] = -1 и, если оно выполнено, то производить расчет k[t] := j; t := t+1; b := true.

5. Далее проверяем условие t >= 3(если в одномерном массиве более 1 элемента) – если оно истинно, то реализуем процедуру вероятностного вычисления одного из них: t := P(t), где P(t) – датчик случайных чисел, – процедура вероятности любого из t; определяем возможный узел орграфа g := k[t]. Если условие t >= 3 ложно, то узел равен g := k[1].

6. Далее проверяем условие, что узел не равен 0 (g <> 0) – если верно, то найденный узел запоминаем в строку s, переменной i – отвечающей за внешний цикл – передаем значения следующего узла для поиска во внутреннем цикле i := g.

7. Циклом счетчиком t := 1 до 7 обнуляем значение одномерного массива для следующего хранения нескольких узлов k[t] := 0, из которых с помощью P(t) – процедуры вероятности любого из t – определяем возможный узел орграфа из нескольких.

8. Выходим из внешнего цикла, если пройдены все узлы или нет узла имеющего начальные указания на следующий связанный с ним узел.

Заключение

В ходе решения задачи разработана модель и алгоритм информационного процесса деловой игры, отличающиеся решением задачи нахождения вероятностного произвольного маршрута в заданном орграфе моделирующим развитие определенных событий с точностью до вероятности их появления при реальной организации деятельности конкретного специалиста.

Список литературы

1. Ванина, Г. Игры Разума / Г. Ванина // Коммерсантъ Секрет Фирмы. – 2005. – № 28. – С. 115.

2. Кавтарадзе, Д. Н. Обучение и игра : Введ. в актив. методы обучения: Учеб. пособие для учителей / Д. Н. Кавтарадзе ; Акад. пед. и соц. наук, Моск. психол.-соц. ин-т. – М. : МПСИ : Флинта, 1998. – 191 с.

3. Новиков, Ф. А. Дискретная математика для программистов : [Учебник] / Ф. А. Новиков. – СПб. и др. : Питер, 2002. – 301 с.

Педагогические процессы и их исследование математическими методами

К. Т. Нормуратов, email: infokn00@gmail.com

Ташкентский университет информационных технологий имени Аль-Хорезми

Аннотация. *Изложены соображения об измерениях в области психолого-педагогических явлений и процессов; обсуждается необходимость решения этих проблем.*

Ключевые слова: *научный подход, исследование процесса образования, психолого-педагогические явления, процесс измерения.*

Введение

Проблема научного подхода к исследованию процесса образования в последнее время сводится к возможности количественного писания параметров психолого-педагогических явлений. Такая концепция, собственно говоря, характеризует процесс измерения исследуемых явлений. Поэтому вопрос измерения различных составляющих образовательного процесса можно считать одним из приоритетных направлений современного разностороннего, как общего так и профессионального, обучения. В этой связи, полагаем что анализ различных подходов к изучению данной проблематики является естественным началом данного исследования.

Одним из основных преимуществ науки – ее способность передать наблюдения и выводы одних людей другим людям. Это достигается в виду объективности научных положений, их независимости от мнения и желания отдельных людей, в том числе и тех, кто открывает и формулирует эти положения. Но, объективность – понятие относительное, так как оно формируется через множество «субъективностей» хотя означает общую согласованность в наблюдениях и выводах. Научное отражение явлений действительности намного точнее, а также меньше подвержено влиянию субъективного фактора, чем несистематизированный опыт людей.

1. Проблема измерения в современной науке

Объективность научных выводов основана на повторяемости фактов. Известно, что ученые часто различно интерпретируют одни и те же факты. Однако они могут всегда прийти к общему выводу

© Нормуратов К. Т., 2020

относительно самих фактов путем их повторного наблюдения. Существует общий принцип, что наука исследует только повторяемые факты. Действительно, чтобы сделать достоверные выводы о сущности явления, необходимо сотни и тысячи раз воспроизводить явление в различных, тем или иным путем контролируемых, условиях.

Очевидно, что объективность и повторяемость научных фактов основана на их количественном описании, которое мы называем измерением. «Когда описание открывает путь для измерения, – указывает С. Стивенс, – дискуссии вполне заменяются вычислениями» [1].

Измерение так естественно вошло в науку о природе, что ученые долго даже не задумывались над его сущностью. Да и в настоящее время сущность измерения не всегда правильно понимается. Между тем, измерение представляет сложное теоретическое и экспериментальное исследование, оно всегда основано на некоторых законах.

Например, операция взвешивание массы («положить предмет на измерительный прибор и заметить отклонение стрелки от нулевой точки шкалы») на обычных весах возможна потому что, мы предполагаем точность прибора. Но понятие «точность прибора на практике» означает, что, по сравнению с эталоном, ошибка взвешивания не превышает некоторых допустимых пределов. Для этого необходимо иметь эталон массы и эталонный прибор – весы. Этот прибор основан на законе, что растяжение пружины пропорционально силе, действующей на нее. Принятие системы аксиом для первичного измерения массы и подбор пружины, удовлетворяющей требованиям этого закона, позволяют создать эталон массы, необходимого для последующих сопоставлений, с ним измеряемых объектов.

Одним из основных требований к процедуре измерения, т.е. использования измерительного инструмента, – это ее простота. В противном случае применение это процедуры будет сопряжено с большими материальными и временными затратами, которые могут быть просто неоправданными. Поэтому исследователи при разработке измерительных приборов (инструментов) никогда не упускают этого требования [2].

На примерах созданных исследователями весов и термометра, амперметра и вольтметра, эхолота и счетчика Гейгера можно оценить важность теоретических аппаратов измерения и их практических аналогов (иными словами – измерительных приборов) для дальнейшего прогресса науки и техники в целом. И, видимо, осознавая это в полной мере, Г. Галилей сказал: «Измеряй все доступное и делай недоступное – доступным».

При изучении конкретной области реального мира, направление исследований по разработке аппарата измерения было продиктовано потребностями науки и реальной жизни. Объективная необходимость в создании такого аппарата для более глубокого изучения психолого-педагогических явлений сформировалась уже давно. Это подтверждается появлением различных методик измерения наиболее «измеряемого», и, к сожалению, единственного педагогического явления – «уровень знаний, умений и навыков».

Может возникнуть вопрос, правомерны ли эти рассуждения в так называемых «поведенческих» науках, к которым относим психологию, педагогику, социологию. Все перечисленные науки имеют дело с явлениями психической жизни, индивидуальным и групповым поведением людей. Поэтому, если бы измерение определялось только таким образом, т.е. как в науках о природе, не было бы смысла говорить об измерении знаний, умений, отношений, установок, свойств личности. Однако измерение может быть определено достаточно широко, и, следовательно, не исключено его применение в поведенческих науках.

Проблема измерения в этих науках весьма многогранна и более сложна, но вместе с тем, требует, во много раз больших усилий для своего решения, чем в других науках. Это связано с тем, что, если в области физического измерения можно применять довольно строгие правила, чтобы значения, приписываемые параметрам, обладали определенными алгебраическими свойствами, то в психологии и педагогике (во всяком случае на современном уровне знаний) далеко не всегда можно найти для всех алгебраических процедур такие экспериментальные операции, «которые, будучи произведены на двух вещах, привели бы к такому эмпирическому результату, который можно было бы предвидеть на основании соответствующих арифметических операций, произведенной на двух числах, предписываемых этим вещам» [3].

Количественная модель отображает объективные свойства и связи явлений действительности через определенные характеристики и отношения величин. Для того чтобы модель изоморфно отображала реальность, эти характеристики и отношения должны соответствовать объективным свойствам и связям описываемых явлений.

Это объективное соответствие, адекватность величин, с которыми оперирует модель, реальным количественным характеристикам описываемых явлений и объектов составляет первое, решающее условие состоятельности любого количественного исследования. Проблемы количественного исследования в педагогике начинаются не с технического вопроса о том, какие математические методы можно для

этой цели применить, а с более коренной содержательной проблемы – как правильно определить объективные количественные характеристики явлений обучения и воспитания, или, как отмечено в книге Б. П. Битинасом «это вопрос о семантике количественных моделей, используемых педагогикой, т.е. о смысле фигурирующих в них величин» [4].

Конкретное реальное содержание этих величин – вопрос не математический. Оно определяется свойствами исследуемых явлений или объектов и целями исследования. Например, явлениями, величина которых изучается при исследовании закономерностей обучения, могут быть: применение учителем различных методов обучения; психические процессы осмысливания, закрепление знаний, формирование навыков у учащихся и т.д.

Установление содержательных критериев для определения величин, характеризующих те или иные стороны этих явлений и процессов, – задача, которая решается их педагогическим и психологическим анализом. Аппарат современной математики – это только безупречный логический механизм. Он может не только связать воедино как цепь достоверных фактов, так и произвольные домыслы [5].

Когда этот первый обязательный, содержательный этап исследования осуществлен и сформулирована предполагаемая качественная модель изучаемых явлений, определены подлежащие изучению реальные величины и установлены критерии для их характеристики, тогда наступает второй этап, т.е. определены из опыта фактические значения этих исследуемых величин. Только после этого мы выходим из рамок явлений и операций, изучаемых педагогикой, вступаем в область определения величин и оперирования с ними, т.е. во владения математики.

Заключение

Общее определения оценки состояния педагогических объектов, основанное на измерениях, до сих пор никем не дано, хотя в «Педагогической энциклопедии», на наш взгляд дано не полное определение оценки знания, которое не раскрывает метода установления степени усвоения учащимися знаний, умений и навыков. О процессе измерения остается только догадываться, так как главный признак оценки – измерение – не фигурирует в определении. Понятия первоначальных измерений появляется в педагогической литературе значительно позже и раскрывается в [6–8]. Можно считать, что достаточно универсальное определение измерения психолого-педагогических явлений и процессов точно и кратко сформулировать на данном уровне знаний науки не удается. Ограничиваются описательным

определением этого сложного механизма, без которого невозможна ни оценка состояния педагогического явления, ни, тем более, эффективное управление учебно-воспитательным процессом.

Список литературы

1. Стивенс, С. С. Математика, измерение и психофизика // Экспериментальная психология / Под ред. С. С. Стивенса. – М., 1960. – С. 19–89.

2. Пфанцагль, И. Г. Теория измерений [Текст] / И. Пфанцагль ; При участии В. Бауманна и Г. Хубера ; Перевод с англ. В. Б. Кузьмина ; Под ред. С. В. Овчинникова. – Москва : Мир, 1976. – 248 с.

3. Ломов, Б. Ф. Некоторые вопросы применения математики в психологии / Б. Ф. Ломов, В. И. Николаев, В. Ф. Рубахин // Психология и математика. – М.: Наука, 1976.

4. Битинас, Б. П. Многомерный анализ в педагогике и педагогической психологии [Текст] / Б. Битинас ; Науч.-исслед. ин-т школ М-ва просвещения ЛитССР. – Вильнюс : [б. и.], 1971. – 347 с.

5. Ительсон, Л. Б. Математические и кибернетические методы в педагогике [Текст] / Акад. пед. наук. – Москва : Просвещение, 1964. – 248 с.

6. Архангельский, С. И. Лекции по научной организации учебного процесса в высшей школе. / С. И. Архангельский. – М. : Высшая школа, 1976. – 200 с.

7. Ржецкий, Н. Н. Моделирование индивидуальной оценки знаний (к обоснованию функционального уравнения технических средств контроля при выборочных ответах) : дис. канд. техн. наук. - Моск. энерг. ин-т. – Москва : [б. и.], 1968. – 296 с.

8. Полонский, В. М. Дидактические вопросы оценки системы знаний : диссертация кандидата педагогических наук : 13.00.00 / В. М. Полонский. – Москва, 1970. – 161 с.

Модель прохождения цифрового сообщения по каналу связи

Е. А. Чернецова, email: chernetsova@list.ru
А. Д. Шишкин, email: an.dm.shishkin@mail.ru

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Аннотация. *Разработана модель прохождения цифрового сообщения по каналу связи в пакете прикладных программ Матлаб. Особенностью модели является возможность задания пользователем буквенного сообщения, которое затем переводится в цифровой вид.*

Ключевые слова: *модуляция, поток битов, канал связи.*

Введение

При преподавании дисциплины «Теория информации и кодирования» возникает необходимость наглядно представить студентам изменения, происходящие с сигналом, при передаче его по цифровому каналу связи. В пакете прикладных программ Matlab существует множество функций и моделей, позволяющих это делать, но существуют определенные ограничения при попытке реализовать данные модели с сообщением, задаваемым пользователем. Представляемая в данной работе модель создана специально для того, чтобы пользователь мог посмотреть все трансформации, которые претерпевает заданное им текстовое сообщение при передаче его по каналу связи. Пользователь может также смоделировать воздействие шума на сигнал и наглядно увидеть искажение сообщения на приемнике.

1. Теоретический анализ

Последовательности при моделировании задаются набором значений, которые в Матлаб представляются в виде точек.

Для передачи по каналам связи поток битов превращается в электрические импульсы. Этот процесс называется импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Кодов ИКМ (канальных кодов) существует большое количество, так как существует ряд требований к ним (низкая стоимость реализации, обеспечение синхронизации между передатчиком и приемником, узкая ширина полосы, возможность исправления ошибок), которые одновременно не может удовлетворить ни один код ИКМ. Поэтому каждый код ИКМ удовлетворяет только некоторым из

© Чернецова Е. А., Шишкин А. Д., 2020

предъявляемых к ним требований и подбирается, исходя из конкретной задачи [1].

В данной работе моделируется потенциальный код ИКМ, в котором единичному биту соответствует наличие сигнала, а нулевому биту соответствует отсутствие сигнала. При визуальном представлении потока битов, заданного в виде массива точек, средствами Matlab, пользователь сталкивается с тем, что передние и задние фронты импульсов не представляют собой меандр, поэтому при компьютерном моделировании приходится вводить дополнительные функции, обеспечивающие при визуализации последовательности крутые передние и задние фронты импульсов.

Введем следующие обозначения: s – массив символов последовательности; T – длительность одного символа последовательности; t – произвольный массив времени; S – значение сигнала данных в эти моменты времени.

Для того чтобы представить поток битов в виде электрических импульсов потенциального кода, используем команду [2]:

$$S = s(1 + \mathrm{fix}(t/T) \cdot (t/T < \mathrm{length}(s))) \cdot (t/T < \mathrm{length}(s)\, y = f(x) \qquad (1)$$

Для $t < T \cdot \mathrm{length}(s)$ логические множители $\left(t/T < \mathrm{length}(s)\right)$ равны 1 и выражение можно переписать в виде $S = s\left(1 + \mathrm{fix}(t/T)\right)$, где $\mathrm{fix}(\ldots)$ возвращает целую часть отношения t/T, а 1 прибавляется потому, что в Матлаб индексация массивов начинается не с 0, а с 1.

Для $t \geq T \cdot \mathrm{length}(s)$, т.е. в моменты времени большие длительности всей последовательности, множитель $\left(t/T < \mathrm{length}(s)\right)$ равен нулю и вместе с ним значение сигнала S. Причем индекс символа равен

$$idx = 1 + \mathrm{fix}(t/T) \cdot (t/T < \mathrm{length}(s)) = 1 + \mathrm{fix}(t/T) \cdot 0 = 1,$$

при этом не возникает ошибки индексации массива, т.е. в итоге получаем $S = s(1) \cdot 0 = 0$.

Полосовая модуляция (ПМ), в отличие от ИКМ, применяется тогда, когда сообщение нужно передать по радиоканалу. Она представляет собой перемножение низкочастотного потока электрических импульсов и несущего высокочастотного колебания. При этом в соответствии с низкочастотным потоком битов может изменяться амплитуда, фаза или частота несущего колебания [1].

При моделировании амплитудной модуляции (АМ) нужно сигнал данных S умножить на несущее колебание с круговой частотой w:

$$Sam = S \cdot \sin(w \cdot t). \qquad (2)$$

Для моделирования фазовой манипуляции (ФМ) сигнала нужно сигнал данных S умножить на приращение фазы несущего колебания:

$$Spm = \sin(w \cdot t + pi \cdot S), \tag{3}$$

а для частотной манипуляции (ЧМ) – на девиацию частоты

$$Sfm = \sin((w + df \cdot S) \cdot t). \tag{4}$$

2. Описание компьютерной модели

Задаваемое пользователем сообщение представляет в данной модели один текстовый символ. Такое ограничение по вводу информации предусмотрено потому, чтобы наглядно представить на графиках соответствующий ему семибитовый цифровой сигнал, а также амплитудно-модулированный, фазомодулированный и частотно-модулированный радиосигналы.

Для наглядности ввода буквенного символа предусмотрено диалоговое окно ввода.

Поскольку все преобразования в модели производятся с переменными, имеющими формат double, для дальнейших преобразований в ходе моделирования потребуется преобразование символьной переменной Matlab в цифровую.

Для моделирования защумления потока битов используется команда Matlab для ввода шума в цифровой сигнал randerr(m, n, error), которая генерирует двоичную матрицу размером m x n, где параметр error определяет количество ненулевых элементов битовой ошибки в каждой строке [3].

Зашумленный поток битов визуально сравнивается с исходным потоком битов на передатчике и определяется вектор ошибок.

Для зашумленного потока битов производится обратная операция превращения бинарного символа в текстовый и выводится полученный текстовый символ, чтобы пользователь мог визуально убедиться в воздействии помехи при передаче сообщения по каналу связи.

Листинг

Реализация модели в пакете Matlab

```
clear, clc
prompt={'Исходное сообщение - одну букву'};
   def={''};
   Title='Введите';
   lineNo=1;
   answer=inputdlg(prompt,Title,lineNo,def);
  ss=answer{1};
  %сохранение введенной строки в ascii коде
```

```
save s1 ss -ascii;
ms=load ('s1');% запись ascii кода в переменную ms
% Перевод десятичного числа ascii кода в строку 7-битовых
символов
z=dec2base(ms,2,7);
len1=length(z);
% формирование строки данных
for i=1:len1
    s(i)=str2num(z(i));
end
len=size(s);%размер строки данных
Ts = 0.1; % длительность символа
t = 0:0.001:1; % массив времени
S = s( 1 + fix(t/Ts).*(t/Ts<length(s)) ).*(t/Ts<length(s));
Sam =S.*sin( 2*pi*20*t);
Spm = sin( 2*pi*20*t + pi*S );
Sfm = sin( 2*pi*(20 + 20*S).*t );
t1=t.*10;
% рисуем:
H1=figure('Name','Модуляция потока битов','Menubar','figure');
    set(H1,'Units','pixel','Position',[204 8 593
700],'Resize','On','NumberTitle','Off','WindowStyle','normal',
'Color','White');
subplot(4,1,1)
plot(t1, S, 'b','linew',2);
grid on
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel ('Биты,номер');
ylabel ('Амплитуда, В.');
title('Сигнал ИКМ');
subplot(4,1,2);
plot(t, Sam ,'k:','linew',2);
grid on
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel ('Время, с.');
ylabel ('Амплитуда, В.');
title('Сигнал АМ');
subplot(4,1,3);
   plot(t, Spm, 'r--','linew',2);
  xlabel ('Время, с.');
ylabel ('Амплитуда, В.');
title('Сигнал ФМ');
grid on;
subplot(4,1,4);
   plot(t, Sfm , 'g-.', 'linew',2);
grid on
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel ('Время, с.');
ylabel ('Амплитуда, В.');
title('Сигнал ЧМ');
%зашумление сигнала
osh=randerr(len(1),len(2),[1 2;0.5 0.5]); s1=rem(s+osh,2);
```

```
S1=s1( 1 + fix(t/Ts).*(t/Ts<length(s1)) ).*(t/Ts<length(s1));
s2=abs(s-s1);
S2=s2( 1 + fix(t/Ts).*(t/Ts<length(s2)) ).*(t/Ts<length(s2));
%Визуальное представление потока битов
figure;
subplot(3,1,1)
plot( t1,S, 'b','linew',2);
grid on;
xlabel ('Биты исходного сообщения, номер');
ylabel ('Амплитуда, В.');
ylim([-1.5 1.5]);
subplot(3,1,2)
 plot(t1, S1 ,'k:','linew',2);
 grid on;
 xlabel (' Зашумленные Биты, номер');
ylabel ('Амплитуда, В.');
ylim([-1.5 1.5]);
 subplot(3,1,3);
    plot(t1, S2 , 'r--', 'linew',2);
grid on;
ylim([-1.5 1.5]);
xlabel (' Ошибочные Биты, номер');
ylabel ('Амплитуда, В.');
 %вывод искаженного сообщения
% Цикл перевода зашумленного потока   битов в строку символов
for i=1:len(2)
    sn(i)=num2str(s1(i));
end
sn1=bin2dec(sn);
sn2=str2mat(sn1);
 prompt1={'Полученное сообщение'};
   def={sn2};
   Title='Вот';
   lineNo=1;
   answer=inputdlg(prompt1,Title,lineNo,def);
```

3. Результаты компьютерного моделирования

На рисунках представлены результаты работы модели прохождения цифрового сообщения по каналу связи.

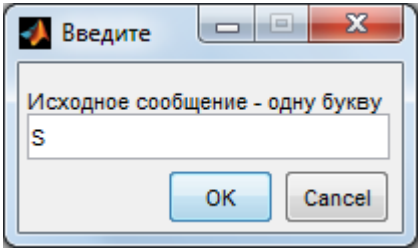


Рис. 1. Диалоговое окно ввода текстового сообщения

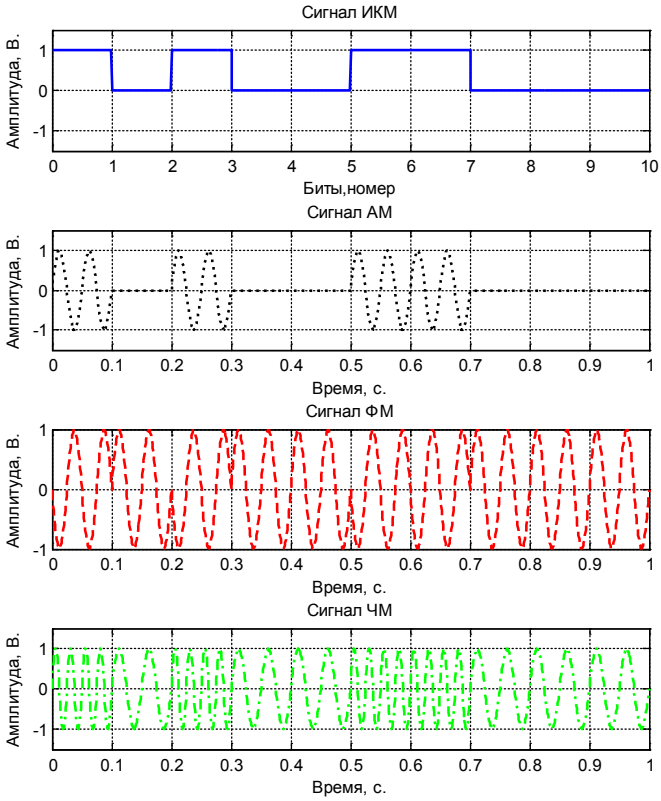


Рис. 2. Сигнал импульсно-кодовой модуляции, амплитудно-модулированный, фазомодулированный и частотно-модулированный сигналы

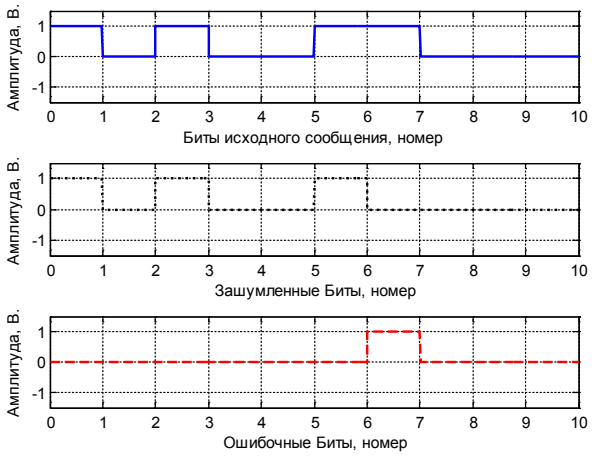


Рис. 3. Сравнение исходного и зашумленного потока битов

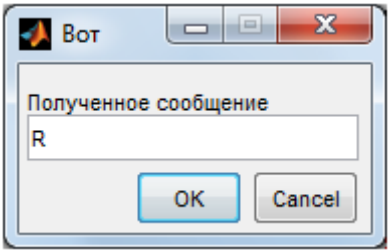


Рис. 4. Диалоговое окно полученного искаженного текстового сообщения

Заключение

Результаты моделирования прохождения цифрового сообщения по каналу связи позволяют наглядно представить студентам трансформацию текстового сообщения не только в узкополосных, но и в широкополосных каналах связи, а также показать, как шум в канале связи воздействует на сообщение. Данная модель предоставляет каждому студенту возможность смоделировать передачу по каналу связи выбраненного именно им сообщения, что должно повысить интерес к модели и сделать усвоение предлагаемого теоретического материала более легким .

Список литературы

1. Скляр, Б. Цифровая связь [Текст] : теоретические основы и практическое применение / Бернард Скляр ; [пер. с англ. Е. Е. Грозы и др.]. – 2-е изд. – Москва [и др.] : Вильямс, 2016. – 1099 с.

2. Моделирование последовательностей в MATLAB [Электронный ресурс] : форум программистов. – Режим доступа: http://www.cyberforum.ru/blogs/261218/blog4517.html

3. Документация Matlab на русском языке [Электронный ресурс] / Сообщество Exponenta. – Режим доступа: https://docs.exponenta.ru/matlab/index.html

Секция 5
Разработка и использование электронных образовательных ресурсов

1976

Современный урок и ЭОР

Е. Е. Беловолова, email: bee1971@mail.ru
Е. А. Рыжман, email: ryzhmanlena@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15 г. Воронежа»

Аннотация. *ЭОР являются важным составляющим современного урока. Они позволяют расширить учебный материал, визуализировать его, предоставляют возможность обучающимся работать с различными источниками информации, закреплять и проверять знания. В статье представлен опыт разработки авторских ЭОР, а также использования материалов РЭШ.*

Ключевые слова: *ЭОР, системно-деятельностный подход, проект РЭШ, интерактивные задания.*

Введение

Современный урок, созданный согласно требованиям ФГОС, отличается от уроков, существовавших в образовательном пространстве предшествующих периодов. В его структуре обязательно должны присутствовать компоненты, формирующие универсальные учебные действия (умение работать с разными видами информации) и логические (конструирование новой информации и презентация результатов) [1]. Учитель не даёт готовые знания, а организует деятельность учащихся по самостоятельному поиску информации, её интерпретации. Именно это обстоятельство диктует необходимость создания образовательного продукта совершенно иного типа, чем простая линейная презентация, сопровождающая рассказ учителя.

1. Создание авторских ЭОР и использование продуктов РЭШ

Электронными ресурсами, которые бы позволили педагогу на уроке выбирать средства и методы работы в зависимости специализации класса, уровня подготовки детей, наличия особых категорий обучающихся и т.п., являются электронные учебники, в том числе и размещённые в сети Интернет, и авторские презентации, созданные по их подобию.

В настоящее время педагогам предлагается большое количество разнообразных электронных учебников, которые имеют преимущества перед привычным форматом учебников. Прежде всего, они содержат

© Беловолова Е. Е., Рыжман Е. А., 2020

большее количество разделов, в том числе аудио- и видеофрагменты, интерактивные карты, тесты и т.п. В отличие от обычной линейной презентации всегда есть возможность обратиться к ранее изученному материалу, выбрать нужный раздел. С таким учебником можно работать как на уроке, так и дома. Минусом такого учебника является то, что он является «завершённым» продуктом, т.е. в него нельзя добавить новую информацию, важную с точки зрения педагога.

В таком случае учитель может сконструировать такую презентацию, которая бы содержала различные разделы, в ней бы предоставлялась возможность применять разные формы работы учащихся. Навигация презентации будет осуществляться с помощью гиперссылок и триггеров. Автор может разнообразить набор кнопок для гиперссылок, использовать инструменты «лупа» или «масштабирование». В презентацию можно вставить интерактивную карту или схему, интерактивный кроссворд, фрагменты аудиозаписей, видеофрагменты и т.п.

Современные средства позволяют размещать презентации на онлайн-платформах, создавать интерактивные пособия. Среди таких инструментов iSpring Suite, с помощью которого можно превратить презентацию в персональный онлайн-курс. Разместить в сети Интернет и в системах дистанционного обучения можно интерактивные учебные материалы, созданные с помощью CourseLab. Прост в использовании и не требует навыков программирования и сервис Smart Builder.

Особого внимания заслуживают онлайн-уроки проекта «Российская электронная школа», в разработке которых принимают участие учителя различных регионов России, в том числе и педагоги лицея № 15.

Каждый урок содержит визуальный ряд (фото, карта, схема), включает постановку проблемы, целей и задач урока, обозначение ожидаемых результатов (узнаем, научимся, сможем), видеоролик с закадровым голосом и отображением интерактивного материала. Продукт содержит также вариативную часть: интерактивные модели явлений и процессов; аудиофайлы для отработки произношения, запись фрагментов литературных произведений, электронные словари, тренировочные задания (тренажеры) и контрольные задания для самостоятельной работы по теме (различного уровня сложности). Высокая степень вариативности позволяет дифференцировать и индивидуализировать образовательный процесс.

Отдельные элементы урока РЭШ (так называемый «атомарный контент») хранятся в библиотеке РЭШ. Педагог может использовать в

конструкторе урока уже имеющиеся в Библиотеке материалы и собственные материалы, предварительно загрузив их в Библиотеку.

Заключение

Таким образом, ЭОР являются важным составляющим современного урока, во взаимодействии с другими элементами УМК, они способствуют расширению и визуализации учебного материла, позволяют работать с различными источниками информации, применять различные формы работы, закрепляют и проверяют фактов, понятий, законов, т.е. формализованных компонентов образования.

Список литературы

1. Государственная программа «Информационное общество» (2011–2020 годы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minsvyaz.ru/ru/activity/programs/1/

Разработка интерактивных рабочих листов по информатике средствами сервиса Wizer.Me

О. А. Завьялова, email: ooolga30@gmail.com
Е. А. Перепелицына, email: garanina.elena98@yandex.ru

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

Аннотация. *В статье приведены результаты исследования интерактивных рабочих листов как средства обучения, описан процесс разработки интерактивного рабочего листа по теме «Алгебра логики» средствами веб-сервиса Wizer.me.*

Ключевые слова: *интерактивный рабочий лист, средства обучения, методика обучения информатике, веб-сервисы.*

Введение

Понятие «интерактивный» заимствованно из английского языка от «interact», где «inter» – взаимный и «act» – действовать. Так, интерактивный можно перевести, как способный к взаимодействию или совместное дело, сотрудничество [1].

Интерактивный рабочий лист (ИРЛ) – цифровое средство организации учителем учебной деятельности обучающихся с помощью облачных сервисов и веб-инструментов [2].

Целью работы учащихся с интерактивным рабочим листом является самостоятельное осмысление и усвоение нового материала, развитие умения работать с различными источниками информации, развитие абстрактного и наглядно-образного мышления, создание совместных документов, осуществление самоконтроля и самокоррекции, овладение новым способом действия [3]. Другими словами, главная цель работы с ИРЛ – это вовлечение учеников в активную деятельность в процессе урока, способствовать развитию их самостоятельности. Таким образом, сущность использования данного средства состоит в том, чтобы учебный процесс строился на активном взаимодействии всех его участников. Причем взаимодействие основано на взаимообучении, в котором и ученики, и учитель являются равноправными участниками.

Рабочие листы можно классифицировать по формату, в котором они представлены. Выделяются следующие типы:

– рабочие листы с бумажными элементами;

© Завьялова О. А., Перепелицына Е. А., 2020

– рабочие листы с небумажными элементами;
– рабочие листы с элементами дополненной реальности;
– рабочие листы в формате Pocketmod.

1. Разработка интерактивного рабочего листа

В настоящее время имеется большое количество конструкторов для создания ИРЛ [4]. Рассмотрим наиболее простые из них с точки зрения предлагаемых в них встроенных вариантов заданий. Выделим следующие: Live Worksheets, Wizer.me и Formative. Рассмотренные сервисы предоставляют большие возможности при создании ИРЛ. Live Worksheets позволяет составлять рабочие тетради с интерактивными заданиями. А также в сервисе имеются в свободном доступе уже готовые ИРЛ, что облегчает деятельность педагога при подготовке к урокам. Конструктор Wizer.me имеет общие черты с сервисом Live Worksheets. В нем также можно создавать интерактивные задания, но быстрее и привлекательнее с точки зрения дизайна. Также в Wizer.me наиболее качественно организована обратная связь учителя с учащимися. Formative удобен при организации работы с ИРЛ в онлайн режиме индивидуально или в группе, за которой также в режиме реального времени может наблюдать педагог дополняя или исправляя учащихся. Но при любом другом способе организации работы с ИРЛ сервис бесполезен.

В рамках исследовательской работы был разработан интерактивный рабочий лист «Алгебра логики», направленный на обеспечение полной самостоятельности учащихся при освоении темы «Логические основы компьютера». В него включены основные определения, понятия и факты из темы «Логические основы компьютера». Лист спроектирован с учетом самостоятельной работы учащихся с ним без непосредственной помощи со стороны педагога. Кроме работы в классе, его также свободно можно использовать для домашнего освоения темы, например, в случае если ученик по каким – либо причинам не смог или не сможет присутствовать на занятии. ИРЛ «Алгебра логики» был спроектирован с помощью сервиса Wizer.me. Одной из наиболее значимых деталей является то, что сервис бесплатный, и требует только регистрации. Это доступно во вкладке «Log in», также можно воспользоваться Google, Edmondo или Microsoft-аккаунтами.

После того, как требования системы будут выполнены, педагог сможет преступить к непосредственному созданию ИРЛ, нажав «create a worksheet». Также возможно просмотреть и выбрать из ИРЛ уже имеющихся в сервисе.

Несмотря на то, что сервис полностью на английском языке, работа с ним проста. Для создания нового ИРЛ или доработки, редактирования уже имеющегося требуется перейти во вкладку «CREATE&EDIT». Обязательным при создании ИРЛ является указывание ключевых слов, характеризующих работу, и класса, на который ориентирован рабочий лист. Конструктор позволяет подобрать дизайн ИРЛ и «основное» изображение, которое иногда именуется «шапкой». На этом же этапе указывается название интерактивного рабочего листа.

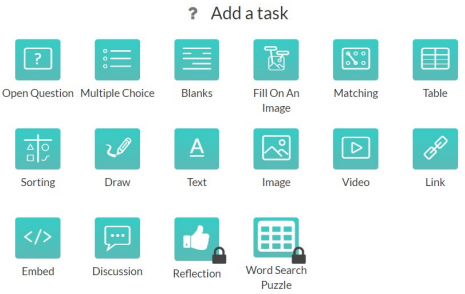


Рис. 1. Перечень со встроенными заданиями веб-сервиса Wizer.me

Следующий этап представляет собой формирование основы ИРЛ, а именно подробной инструкции, теоретической и практической части. Начинается ИРЛ, как и обычный урок в классе, с приветствия и введения. Только в случае рабочего листа, введение представляет собой инструкцию с правилами его использования.

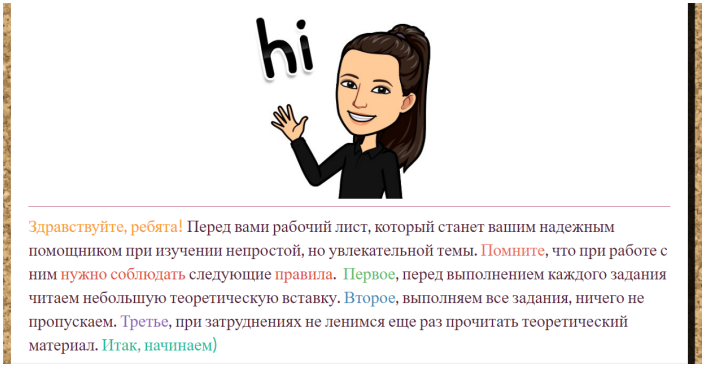


Рис. 2. Инструкция по использованию ИРЛ учащимися

Поскольку, согласно типу урока, тема является новой для учащихся необходимо на рабочем листе разместить теоретическую информацию. Чтобы это сделать воспользуемся инструментом «text». Он позволяет добавлять текст, картинки и аудио. С текстом можно осуществлять элементарные преобразования: изменение начертание текста (полужирный, курсив, подчеркнутый), менять цвет текста и размер.

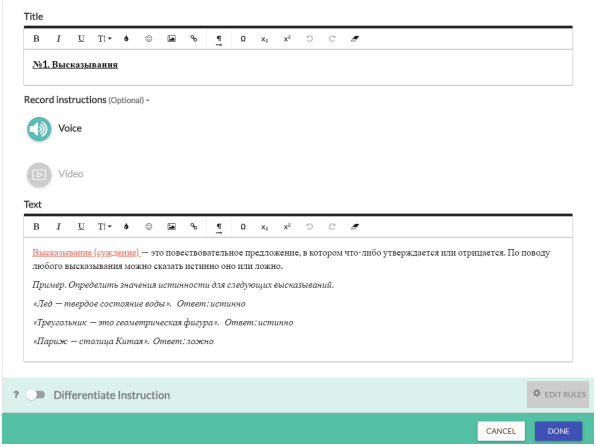


Рис. 3. Изображение работы с инструментом «text»

В окне «Title» указывается заголовок добавляемого текста, а в «Text» непосредственно информация. По завершению работы нажимается «DONE», если созданный объект требуется сохранить, или «CANCEL», если объект не требуется и его нужно удалить. В последствии можно неоднократно вернуться к редактированию уже созданного фрагмента.

Важно помнить, что приводимый в ИРЛ текст – это не тоже самое, что текст учебника. Он должен представлять собой сжатую, переработанную педагогом информацию. Так как основной целью создания ИРЛ является повышение самостоятельности в освоении учебного материала.

После добавления теоретической информации нужно внести в рабочий лист интерактивную часть, а именно, задания.

В ИРЛ «Алгебра логики» входят типы заданий, представленные в таблице.

Таблица

Состав интерактивного рабочего листа по теме «Алгебра логики»

№ задания	Тема, которую затрагивает задание	Тип задания
Задание 1, задание 2	Объекты алгебры логики	задания типа «викторина» (multiple choice)
Задание 3	Объекты алгебры логики	задания на систематизацию информации (sorting)
Задание 4, задание 6	Таблица истинности	задние на работу с таблицами, например, заполнение таблицы, задания типа true/false (table)
Задание 5	Логические операции	текст, в который нужно вставить недостающие фрагменты (blanks)
Задание 7, задание 8	Алгебра логики	задания на сопоставление, поиск пар (matching)

В каждом задании должны присутствовать заголовок и инструкция к выполнению. Так, можно добавить задание с выбором нескольких ответов или задние типа «викторина» (multiple choice). Для этого достаточно выбрать необходимый инструмент (см. рис. 4).

Далее можно проектировать ИРЛ по принципу «теория – практика», но можно выбрать иной способ. Представленный рабочий лист проектировался по указанному принципу.

Следующий инструмент называется «sorting», он позволяет создавать задания на систематизацию информации. В заголовках указываются «критерии» разбиения на столбцы (в нашем случает, частные и общие высказывания) и материал, который предстоит сортировать (см. рис. 5).

В конструкторе встроен инструмент, позволяющий составлять задания на работу с таблицами – «table». При работе с вкладкой

«Instruction» заполняются ячейки таблицы, составляющие задание педагога, а вкладка «Key answers» позволяет добавлять ответы в оставшиеся ячейки.

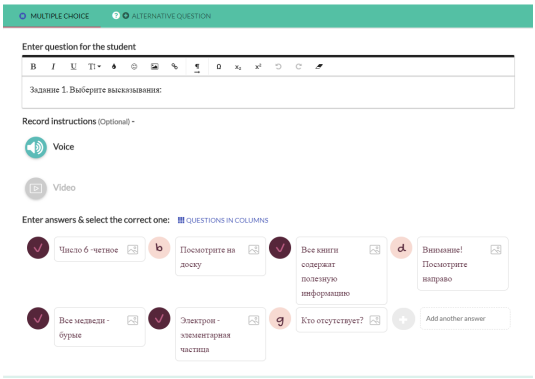


Рис. 4. Работа с инструментом «multiple choice»

Рис. 5. Работа с инструментом «sorting»

Задание свободного типа – текст, в который нужно вставить недостающие фрагменты, добавляется с помощью инструмента «blanks». Создается оно следующим образом: в окно вписывается текст задания, далее с помощью мыши выделяется слово или пара слов, которые учащиеся будут должны вписать, и нажимается «BlankIt». Представленные на рис. 6 цифры, выделенные подчеркиванием и имеющие серый цвет, не будут отображаться учащимся. Они должны будут их вписать в пропуски, обозначенные красной линией.

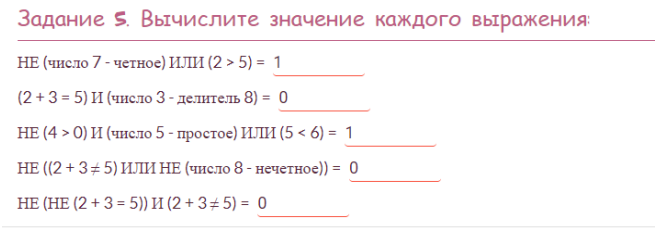


Рис. 6. Изображение рабочей области в инструменте «sorting»

Подвести итоги в ИРЛ можно с помощью инструмента «matching». На его основе создаются задания на сопоставление, поиск пар. Формируются два столбца, пары, образуемые при прямом соединении столбцов, воспринимаются сервисом, как правильные ответы. При активировании задания слова с столбцах перемешиваются между собой.

Также в конструкторе имеется функция предварительного просмотра, запускаемая при переходе во вкладку «REVIEW». Фрагмент рабочего листа представлен на рис. 7 в том виде, в котором их будут видеть учащиеся при работе с созданным ИРЛ. Весь рабочий лист доступен по адресу: https://app.wizer.me/learn/1S7CVU

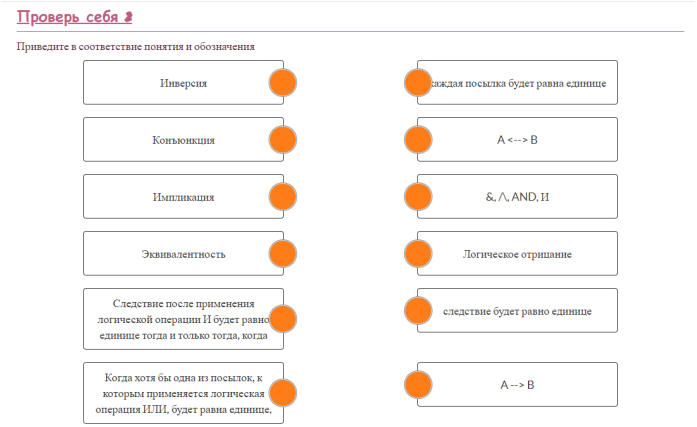


Рис. 7. Предварительный просмотр структуры ИРЛ

Далее можно или закончить работу с листом, или продолжить редактирование. В сервисе имеется возможность печати, созданных рабочих листов, что увеличивает возможности работы с ними.

После создания ИРЛ, при условии, что педагог решил работать с ним в электронном виде, необходимо предоставить к нему доступ ученикам. Это можно сделать во вкладке «ASSIGN TO LEARNERS».

В конструкторе имеется несколько способов предоставления доступа:

- с помощью ссылки;
- с помощью Google – класса;
- с помощью Edmondo;
- с помощью встраиваемого кода embed (если педагог имеет свой сайт или блог).

Во время выполнения работы в классе или домашней работы, учащиеся пройдут по ссылке, предоставленной учителем, войдут в совой аккаунт и начнут работу с ИРЛ.

По выполнению всех заданий, готовые ИРЛ будут отправлены учителю. Важно отметить, что сервис не поддерживает возможность онлайн контроля выполнения учениками работы со стороны учителя, то есть обратная связь возможна только после отправления листа учеником.

На этапе выбора способа предоставления доступа есть возможность включения опции «автоматическая обратная связь учащимся» (Automatic feedback to students). Она позволяет учащимся после выполнения ИРЛ сразу получить информацию о результатах своей работы.

С заполненными ИРЛ педагог сможет ознакомиться во вкладке «ANSWERS». Здесь будут доступны заполненные учащимися ИРЛ и возможность их комментирования, предоставления обратной связи.

Заключение

Урок с использованием ИРЛ «Алгебра логики» будет построен таким образом, чтобы сократить деятельность учителя до разумного минимума, для того, чтобы перенаправить освободившееся время на отстающих учащихся, требующих непосредственного внимания педагога. ИРЛ «Алгебра логики» рассчитан на выполнение в течение всего урока. Также информацию в нем можно свободно разделить на несколько занятий, в случае возникновения затруднений с каким-либо фрагментом темы.

Список литературы

1. Иванова, Е. О. Дидактические возможности информационно-образовательной среды для организации самостоятельной работы учащихся / Е. О. Иванова // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. – №3. – С. 77-87.

2. Курвитс, М. Удивите учащихся рабочими листами сервиса Wizer [Электронный ресурс] // Мастерская Марины Курвитс. – Режим доступа: edhttps://marinakurvits.com/interaktivnie-listi-wizer/

3. Какой конструктор интерактивных рабочих листов выбрать? – [Электронный ресурс] // Дидактор. Педагогическая практика 2019. – Режим доступа: http://didaktor.ru/kakoj-konstruktor-interaktivnyx-rabochix-listov-vybrat/

4. Разбинович, П. Д. Интерактивные образовательные технологии: современное состояние и вопросы выбора / П. Д. Разбинович // Информатика и образование. – 2012. – №7. – С. 49-58.

Методы и средства обучения программированию в вузе

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su
Е. В. Касьянова, email: kev@iis.nsk.su

Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН

Аннотация. *Доклад посвящен методам и средствам обучения программированию, разрабатываемым в Институте систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН. Рассматривается практикум по программированию и вводный курс начального обучения программированию на базе языка Zonnon. Описываются исследования по разработке адаптивных методов и систем дистанционного обучения, а также визуальной облачной среды поддержки параллельного и функционального программирования.*

Ключевые слова: *адаптивные гипермедиа-системы, курс по программированию, параллельное программирование, функциональное программирование, язык Sisal, язык Zonnon.*

Введение

Стремительное развитие информационных технологий и проникновение их во все стороны жизни общества и во все сферы производственной деятельности приводит к тому, что выпускнику вуза, чтобы стать успешным в своей дальнейшей деятельности, не достаточно освоить существующие пользовательские технологии и получить навыки поиска готовых решений, а необходимо научиться решать возникающие задачи с помощью программирования. Однако овладение умением программировать все еще остается весьма сложной задачей для многих студентов.

Системы дистанционного обучения в настоящее время активно исследуются и развиваются. Выгоды сетевого обучения ясны: аудиторная и платформенная независимости. Сетевое обучающее программное обеспечение, один раз установленное и обслуживаемое в одном месте, может использоваться в любое время и по всему миру тысячами учащихся, имеющих любой компьютер, подключенный к Интернету. Тысячи программ сетевого обучения и других образовательных приложений стали доступны в сети Интернет за последние годы. Проблема состоит в том, что большинство из них являются не более чем статичными гипертекстовыми страницами и слабо поддерживают проблемный подход к обучению. Появившиеся в

© Касьянов В. Н., Касьянова Е. В., 2020

последнее время адаптивные гипермедиа-системы существенно повышают возможности обучающих систем [1–3]. Целью этих систем является персонализация гипермедиа-системы, ее настройка на особенности индивидуальных пользователей.

Всё большую популярность набирают облачные сервисы, которые предоставляют различные возможности, в том числе и для обучения. Такие облачные хостинги, как Amazon и Cloud9, предоставляют вычислительные ресурсы, не требуя дополнительной установки библиотек поддержки времени исполнения и позволяя выполнять программный код внутри браузера, причем безопасно для пользователя. Растущее количество сервисов в сети Интернет, предоставляющих различные услуги, прямо или косвенно связанные с вычислениями, говорит о популярности такого подхода. Очень привлекательно, не обладая компилятором для того или иного языка программирования, иметь возможность в любой момент зайти на соответствующую страницу в сети и выполнить интересующий код на этом языке. Подобные сервисы варьируются от совершенно аскетических, рассчитанных на исключительно короткие программы, до предоставляющих богатую среду разработки с группировкой по проектам, подсветкой синтаксиса и т. д.

Цель исследований Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН (ИСИ СО РАН), представленных в данном докладе, – разработать методы и средства обучения программированию, которые позволят сделать процесс обучения программированию в вузе более индивидуальным, доступным и эффективным. Рассматривается практикум по программированию и вводный курс начального обучения программированию на базе языка Zonnon. Описываются исследования по разработке адаптивных методов и систем дистанционного обучения, а также визуальной облачной среды поддержки параллельного и функционального программирования.

1. Практикум по программированию

При обучении программированию наиболее важным, на наш взгляд, является начальный этап, на котором обучаемый должен овладеть навыками точного формулирования алгоритмов на языке высокого уровня, что невозможно сделать, прочитав лишь несколько руководств или прослушав курс лекций по программированию. Необходима практика конструирования алгоритмов, и здесь не обойтись без подходящего набора примеров и задач.

Поэтому неслучайно уже много лет на механико-математическом факультете Новосибирского государственного университета (НГУ) проводится практикум по программированию для студентов первого

курса [4]. Он проходит во втором семестре одновременно с основным курсом по программированию и на данный момент ориентируется на использование языка С и системы Visual Studio. Это не значит, конечно, что для решения индивидуальных заданий не подходят другие языки программирования и другие их реализации.

Основной задачей практикума является не только и не столько обучение студентов собственно записи (кодированию) известного алгоритма на языке программирования высокого уровня, а практическое закрепление знаний, получаемых в курсе по программированию, и овладение общими методами, приемами и навыками технологии решения задач на компьютере.

Каждое задание, выполняемое студентом во время общего практикума, – это решение индивидуальной задачи невычислительного характера, требующей разработки алгоритма, обработки сложных структур данных и создания дружественного интерфейса. Выполнение задания включает следующие виды работ: (1) анализ условия задачи и выработку подхода к ее решению; (2) пошаговую разработку (на основании выбранного подхода) алгоритма решения и его описание; (3) обоснование алгоритма; (4) выбор и обоснование представления для входных, выходных и промежуточных данных; (5) кодирование алгоритма, т. е. его запись на языке С; (6) выбор и обоснование набора тестов, на которых будет проверяться программа; (7) отладку программы и демонстрацию ее правильной работы на выбранном наборе тестов.

Каждая решаемая во время практикума задача имеет краткую и точную (содержательную) формулировку и допускает большое разнообразие решений, из которых студент должен выбирать по возможности лучшее. Для удобства задачи разбиты на группы по тематике и по сложности (обычная, повышенная и пониженная) и снабжены подробными рекомендациями по их решению.

2. Вводный курс программирования на базе языка Zonnon

Zonnon – это новый универсальный язык программирования в семействе языков Паскаль, Модула-2 и Оберон, работа над которым ведется в Цюрихском институте информатики [5, 6]. Он сохраняет стремление к простоте, ясному синтаксису и независимости концепций, а также уделяет внимание параллельности и легкости композиции и выражения. Унификация абстракций является стержнем проектирования языка Zonnon, и она отражается в его концептуальной модели, основанной на модулях, объектах, определениях и реализациях. Язык Zonnon содержит такие новые черты, как активность в объектах, основанный на межобъектном взаимодействии диалог, перегрузка операций и обработка исключительных ситуаций. Он специально

разрабатывается как платформно-независимый язык. Поскольку язык Zonnon задуман как дальнейшая эволюция языка Оберон, авторы стремятся сохранить такие важные черты языка Оберон и его преемников, как компактность языка, ясность, недвусмысленность и ортогональность его основных понятий. Вместе с тем, чтобы создать современную альтернативу языку Оберон, авторы внесли в язык ряд изменений, основными из которых являются: более развитая модульная структура языка; продвинутая и одновременно простая и ясная объектная модель; концепция активных объектов.

«Общеалгоритмическая» часть языка Zonnon практически полностью повторяет соответствующие части языка Оберон, поэтому данный язык можно рассматривать как естественную замену языкам Оберон и Паскаль там, где они традиционно используются для обучения программированию. Компилятор и среду программирования для языка Zonnon можно скачать с сайта разработчиков языка [5]. Там же всегда можно найти последние новости о языке, его реализации и применении, а также обратиться за консультацией к разработчикам.

Нами разработан вводный курс по программированию, который предназначен для обучения основным методам построения корректных, эффективных и надежных программ на базе языка Zonnon и платформы Microsoft.NET [7]. Курс ориентирован на широкий круг лиц, обучающихся методам программирования, в первую очередь, на студентов вузов и средних учебных заведений, а также школьников, желающих углубить свои знания по программированию. Он предназначен главным образом для тех учебных заведений, в которых в настоящее время используется язык Паскаль в качестве языка начального обучения программированию и есть желание перейти к более современному курсу программирования, охватывающему концепции языков программирования нового поколения, таких как Java и C#, но осуществить этот переход плавно, без резкого изменения сложившегося стиля преподавания программирования.

Курс опирается на опыт преподавания основного курса по программированию для студентов механико-математического факультета НГУ [8]. Это семестровый курс, который предполагает еженедельно шесть часов аудиторных занятий: два часа лекционных занятий, два часа семинарских занятий у доски и два часа практических занятий за компьютером.

В основу курса положен принцип концентрического изложения материала. Предполагается, что с первых занятий студенты начинают упражняться в составлении программ, которые могут реально выполняться на доступных компьютерах, и постепенно овладевают

навыками разработки на языке Zonnon линейных, ветвящихся и итеративных алгоритмов, алгоритмов с массивами и процедурами. Также постепенно, одновременно с расширением класса решаемых задач, студенты углубляют свои знания о языке Zonnon. Другими основными методическими и технологическими принципами, на которых базируется разработанный курс, являются следующие.

1. Принцип обучения конструированию программ на подробно комментированных образцах решения тщательно подобранных задач. Назначение примеров – не только дать образцы и описать основные схемы алгоритмов, но и на сравнительном анализе разных решений одной и той же задачи познакомить студента с такими понятиями, как эффективность, наглядность и надежность решения.

2. Принцип доказательного программирования, когда программа строится вместе с доказательством ее правильности. Для этого в курсе вводятся понятия промежуточных утверждений и инвариантов, а в разрабатываемых алгоритмах решения задач такие утверждения записываются в форме программных комментариев.

3. Принцип пошаговой разработки программ, когда программа строится из формальной спецификации задачи с помощью мелких формально проверяемых шагов преобразования.

4. Принцип модульного программирования, позволяющий проектировать, разрабатывать и собирать программу по частям и с использованием библиотек уже готовых частей.

5. Принцип объектно-ориентированного программирования, позволяющий разработчикам программ легко создавать все более сложные приложения с помощью инкапсуляции, наследования и полиморфизма.

3. Адаптивные методы и средства дистанционного обучения

Класс адаптивных гипермедиа-систем состоит из всех таких гипертекстовых и гипермедиа-систем, которые отражают некоторые особенности пользователя в его модели и применяют эту модель для адаптации различных видимых для пользователя аспектов системы [1–3]. Таким образом, каждый пользователь имеет свою собственную картину и индивидуальные навигационные возможности для работы с адаптивной гипермедиа-системой.

Способности к адаптации стали особенно важны для Web-систем дистанционного обучения с тех пор, как обучаемые стали учиться в основном самостоятельно (обычно из дома). Интеллектуальное и личное содействие, которое могут дать учитель или студент-сокурсник при обычном (аудиторном) обучении, при дистанционном обучении нелегко достижимо. Адаптивность важна для программного обеспечения

дистанционного обучения еще и потому, что оно должно использоваться намного более разнообразным множеством студентов, чем любое «однопользовательское» учебное приложение. Сетевое программное обеспечение, разработанное для одного класса пользователей (с определенным складом ума и с одним уровнем знаний), может совсем не подойти другим обучаемым.

Выделяются следующие характеристики пользователя обучающей системы, важные для ее адаптации: цель (или задача) пользователя, уровень его знаний, уровень его подготовки, имеющийся опыт работы пользователя с данной гипермедиа-системой, набор (система) предпочтений пользователя, личностные характеристики пользователя и характеристики пользовательской среды. Адаптация в адаптивной гипермедиа может состоять в настройке содержания очередной страницы (адаптация на уровне содержания) или в изменении ссылок с очередной страницы, индексных страниц и страниц карт (адаптация навигации). Основные цели (методы) адаптации на уровне содержания – это дополнительные объяснения, предварительные объяснения, сравнительные объяснения, варианты объяснений и сортировка. Для достижения целей адаптации на уровне содержания разработаны такие техники, как условный текст, эластичный текст, варианты страниц и варианты фрагмента, и технология, основанная на фреймах. Основные цели (методы) адаптации навигации – это глобальное руководство, локальное руководство, поддержка локальной ориентации, поддержка глобальной ориентации, управление индивидуализированными представлениями, а основные технологии адаптивной навигационной поддержки – это полное руководство, адаптивная сортировка ссылок, адаптивное сокрытие ссылок, адаптивное аннотирование ссылок, адаптивное генерирование ссылок и адаптация карты.

Нами разработан проект адаптивной среды дистанционного обучения WAPE, поддерживающей активное индивидуальное обучение программированию в рамках проблемного подхода и соединяющей возможности адаптивных гипермедиа-систем и интеллектуальных обучающих систем [3, 9]. Помимо студентов система поддерживает таких пользователей, как инструкторы, лекторы и администраторы. Все они осуществляют доступ к системе через стандартный Web-браузер, но различаются по предоставляемым им возможностям. Система поддерживает следующие три уровня процесса обучения. Это – изучение студентом теоретического материала, тестирование системой знаний студента и выполнение студентом учебных задач (заданий и упражнений). Третий уровень рассматривается нами как основной в

использовании системы. Изучить курс – это значит выполнить набор индивидуальных задач.

Многие адаптивные системы отслеживают движение пользователя по гиперкниге. Хотя это оправданный подход, его недостатком является трудность измерения знания, приобретенного пользователем во время чтения Web-страницы. Вместо этого мы используем для обновления модели знаний только успехи и неуспехи студента, проявленные им при решении задач: тестов, заданий и упражнений. Другое важное отличие нашего подхода от традиционного состоит в том, что мы не пытаемся оценивать успех студента в изучении курса на основании уровня знаний в его модели. Поэтому в нашей системе достижение определенного уровня знаний студентом не позволяет ему завершить изучение курса с определенной оценкой, а лишь дает студенту возможность приступить к решению той или иной задачи из его индивидуального набора. Все это мотивировано проблемным подходом к обучению, который поддерживается системой WAPE.

4. Визуальная облачная среда для поддержки функционального и параллельного программирования

Параллельные вычисления в настоящее время являются одной из главных парадигм современного программирования и охватывают чрезвычайно широкий круг вопросов разработки программ. Ввиду значительно более сложной природы параллельных вычислений по сравнению с последовательными большое значение приобретают методы автоматизации разработки параллельного программного обеспечения, основанные на применении техники формальных моделей, спецификаций и преобразований параллельных программ.

Используя традиционные языки и методы, очень трудно разработать высококачественное, переносимое программное обеспечение для параллельных компьютеров. В частности, параллельное программное обеспечение не может быть разработано с малыми затратами на последовательных компьютерах и потом перенесено на параллельные вычислительные системы без существенного переписывания и отладки. Поэтому высококачественное параллельное программное обеспечение может разрабатываться только небольшим кругом специалистов, имеющих прямой доступ к дорогостоящему оборудованию.

Однако, используя языки программирования с неявным параллелизмом, такие как функциональный язык Sisal [10], можно преодолеть этот барьер и предоставить широкому кругу прикладных программистов, не имеющих достаточного доступа к параллельным вычислительным системам, но являющихся специалистами в своих

прикладных областях, возможность быстрой разработки высококачественных переносимых параллельных алгоритмов на своем рабочем месте. Функциональная семантика языков программирования с неявным параллелизмом гарантирует детерминированные результаты для параллельной и последовательной реализации то, что невозможно гарантировать для традиционных языков, подобных языку Фортран. Пропадает необходимость переписывания исходного кода при переносе его с одного компьютера на другой. Гарантировано, что программа с неявным параллелизмом, правильно исполняющаяся па персональном компьютере, будет давать те же результаты при ее исполнении на высокоскоростном параллельном или распределенном вычислителе. Более того, по сравнению с императивными языками (подобными языку Фортран) функциональные языки, такие как Sisal, упрощают работу программисту. В функциональной программе программист должен только специфицировать результаты вычислений и может переложить большую часть работ по их организации на компилятор, который отвечает за отображение алгоритма на определенную архитектуру вычислителя (включая планирование команд, передачу данных, синхронизацию вычислений, управление памятью и т. д.). По сравнению с другими функциональными языками язык Sisal поддерживает типы данных и операторы, присущие научным вычислениям, такие как циклы и массивы.

Поэтому представляется весьма перспективным выполняемый в ИСИ СО РАН при поддержке РНФ проект CPPS [11, 12] по разработке методов и программных средств, поддерживающих создание, верификацию и отладку архитектурно-независимых параллельных программ на языке Cloud Sisal и их корректное преобразование в эффективный код параллельных вычислительных систем. Язык Cloud Sisal продолжает традицию предыдущих версий языка Sisal, оставаясь функциональным потоковым языком, ориентированным на написание больших научных программ, и расширяет их возможности средствами поддержки облачных вычислений.

Цель проекта CPPS – дать возможность широкому кругу лиц, находящихся в удаленных населенных пунктах или в местах с недостаточными вычислительными средствами, но имеющих выход в Интернет, дистанционно и без установки дополнительного программного обеспечения на своих недорогих вычислительных устройствах в визуальном стиле создавать и отлаживать переносимые параллельные программы на языке Cloud Sisal, а также затем дистанционно (в облаке) осуществлять эффективное решение своих задач, исполняя на некоторых супервычислителях, доступным им по

сети, созданные и отлаженные переносимые Cloud-Sisal-программы, предварительно адаптировав их под используемые супервычислители с помощью облачного оптимизирующего кросс-компилятора, предоставляемого средой.

Заключение

В докладе были рассмотрены методы и средства обучения программированию, разрабатываемые в ИСИ СО РАН. Часть из них уже успешно применяется в учебном процессе, в частности на механико-математическом факультете НГУ. Другие – пока только ждут своего применения, чтобы привнести в учебный процесс вузов современные технологии дистанционного обучения и облачных вычислений.

Работа выполнена за счет Российского научного фонда (проект РНФ № 18-11-00118).

Список литературы

1. Brusilovsky, P. Adaptive hypermedia / P. Brusilovsky // User Modeling and User-Adapted Interaction. – 2001. – Vol. 11. – P. 87-110.

2. Касьянов, В. Н. Адаптивные системы и методы дистанционного обучения / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова // Информационные технологии в высшем образовании. – 2004. – Т. 1, № 4. – С. 40-60.

3. Касьянова, Е. В. Адаптивные методы и средства поддержки дистанционного обучения программированию / Елена Викторовна Касьянова ; под ред. В. Н. Касьянова; Российская акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т систем информатики им. А. П. Ершова. – Новосибирск : [Ин-т систем информатики им. А. П. Ершова] СО РАН, 2007. – 170 с.

4. Касьянов, В. Н. Практикум по программированию [Текст] : учебное пособие / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова ; М-во образования и науки РФ, Новосибирский гос. ун-т, Механико-математический фак., Каф. программирования. – Новосибирск : Новосибирский гос. ун-т, 2013 (Новосибирск : Новосибирский гос. ун-т). – 197 с.

5. Zoonon programming language & compiler [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.zonnon.ethz.ch

6. Касьянов, В. Н. Язык программирования Zonnon : учебное пособие / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова ; Федеральное агентство по образованию, Новосибирский гос. ун-т, Механико-математический фак. – Новосибирск : Новосибирский гос. ун-т, 2010. – 119 с.

7. Сайт русскоязычной библиотеки учебных курсов академической программы MSDN Academic Alliance [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.microsoft.com/Rus/Msdnaa/Curricula/Default.mspx

8. Касьянов, В. Н. Курс программирования на Паскале в заданиях и упражнениях / В. Н. Касьянов; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние. Ин-т систем информатики им. А. П. Ершова. – Новосибирск : Новосиб. гос. ун-т, 2001. – 448 с.

9. Kasyanov, V. N. WAPE – a system for distance learning of programming / V. N. Kasyanov, E. V. Kasyanova // Learning to Live in the Knowledge Society // Proceedings of the 20th IFIP World Computer Congress. – Boston: Springer, 2008. – P. 355-356.

10. Gaudiot, J.-L. The Sisal project: real world functional programming / J.-L. Gaudiot, T. DeBoni, J. Feo, et all // Lecture Notices in Computer Science. – 2001. – Vol.1808. – P. 84-72.

11. Kasyanov, V. N. Methods and system for cloud parallel programming / V. N. Kasyanov, E. V. Kasyanova // Proceedings of the 21st International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2019). – 2019. – Vol. 1. – P. 623-629.

12. Касьянов, В. Н. Методы и система облачного параллельного программирования / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова // Проблемы оптимизации сложных систем: Материалы XIV Международной Азиатской школы-семинара. – Алматы, 2018. – Часть 1. – С. 298-307.

Видео-презентация как важный компонент мультимедийных электронных образовательных ресурсов

Н. А. Моисеева, email: nat_lion@mail.ru

Омский государственный университет путей сообщения

Аннотация. *В данной работе обоснована эффективность использования видео-презентаций в мультимедийных электронных образовательных ресурсах. Автором обобщены группы видео-ресурсов и цифровых технологий для создания презентации в формате видео; приведены примеры программного обеспечения для их разработки.*

Ключевые слова: *видео-презентация, электронные образовательные ресурсы, мультимедийное представление информации, цифровые технологии.*

Введение

В цифровую эпоху современные образовательные стандарты высшего образования нового поколения требуют интенсивного внедрения технологий электронного обучения, в том числе использования мультимедийных электронных образовательных ресурсов (ЭОР) в инновационном учебном процессе. При этом цифровизация учебно-методических материалов влияет не только на представление контента, но и на форму его демонстрации. Качественное мультимедийное представление информации обучающиеся воспринимают намного лучше, чем текст больших объемов [1]. В этой связи, видео-презентация является важным компонентом мультимедийных ЭОР.

Видео-презентация реализует мультимедийное представление учебной информации (видеоконтент) и демонстрацию этой информации в формате видео. В большинстве случаев, она содержит звуковое сопровождение и не нуждается в комментариях преподавателя. Эту презентацию можно просматривать на телевизоре, компьютере, мобильном телефоне или через проектор.

На сегодняшний день существует достаточно много цифровых технологий, методы и средства которых позволяют создать видео-презентацию любой сложности и достичь поставленных образовательных целей.

© Моисеева Н. А., 2020

1. Образовательный потенциал видео-презентации

Первоначально видео-презентации использовались в сфере бизнеса и торговли для создания видеороликов с целью демонстрации, продвижения и рекламы услуг, товаров и т. д. Учебные видео-презентации являются, прежде всего, инновацией в области электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Видео-презентацию можно рассматривать как оптимальный способ мультимедийного представления информации в ЭОР и повышения интерактивности электронных учебных курсов. Кроме того, в видео-презентации в полной мере применяются такие современные социализированные методы цифровой педагогики как геймификация и сторителлинг [2].

Геймификация (от англ. gamification – игрофикация) – это применение в ИКТ игровых механик в неигровых процессах с целью привлечения пользователей. Под *механикой* понимается использование сценарных элементов, характерных для компьютерной игры, например, виртуальные награды, статусы, очки и т. д.

Цифровой сторителлинг (от англ. storytelling – искусство увлекательного рассказа) – это комбинированное обучающее средство, объединяющее в себе визуальную, образную, музыкальную и словесную составляющие [3].

Данные методы эффективно реализуются посредством технологий мультимедийного и интерактивного представления информации в учебной видео-презентации и, тем самым, визуализируют и мотивируют к просмотру занимательное цифровое повествование и иллюстрированное объяснение сложной информации. Необходимо отметить, что учебная видео-презентация должна иметь четко продуманный с точки зрения дидактических задач сценарий. Поэтому создание видео-презентации требует времени на подготовку сценария и технологическую реализацию с помощью соответствующих цифровых технологий. При этом у преподавателя могут возникать вопросы, касающиеся методических аспектов применения видео-презентации в обучении той или дисциплине.

Видео-презентацию можно интегрировать в мультимедийный ЭОР в качестве полноценной видеолекции; видеоролика, демонстрирующего примеры или объяснения сложных явлений или процессов, изложенных в электронном учебнике; видеоквеста; обучающего видеоролика к выполнению практических и лабораторных заданий дисциплины и т. д. Кроме того, преподаватель может применять учебные видео-презентации при проведении лекции с мультимедийным сопровождением.

Учебные видео-презентации также позволяют реализовать принцип индивидуального подхода к обучению, предоставляя возможность многократного просмотра видео в удобном темпе для обучающегося.

2. Обзор цифровых технологий создания видео-презентаций

Учебная видео-презентация создается на базе мультимедийной презентации, анимированного видеоролика, flash-ролика или видеозаписи. Видео-презентацию можно сохранить в любом из видео-форматов (*.MP4, *.MOV, *.SWF и др.) или в виде исполняемого (*.EXE) файла. На сегодняшний день для создания видео-презентаций существует достаточно большой выбор платных, условно-бесплатных и бесплатных программных средств, онлайн-сервисов.

Рассмотрим технологии создания видео-презентаций и соответствующее программное обеспечение (ПО).

Для того чтобы трансформировать готовую компьютерную мультимедийную презентацию в видео-презентацию применяется *технология конвертирования данных*. Под *конвертацией данных* понимается преобразование данных из одного формата в другой с сохранением основного логически-структурного содержания информации [4].

ПО, предназначенное для конвертирования файлов компьютерной презентации в формат видео, условно можно подразделить на следующие группы.

1. Конвертер интегрирован разработчиком в среду приложения для создания компьютерных презентаций, например, Microsoft PowerPoint (далее – PowerPoint), и позволит сохранить ее для воспроизведения как файл видео. После создания слайдов и записи времени, речевого сопровождения и движений лазерной указки можно сохранить или экспортировать презентацию в формате видео (*.MP4 или *.WMV).

2. Специализированные конвертеры, которые устанавливаются независимо на компьютер пользователя, либо размещены на онлайн-сервисе. Ниже приведены примеры специализированных конвертеров.

Конвертация PowerPoint презентаций в формат flash (*.SWF) с помощью программ iSpring Pro и iSpring Free 6.0 для дальнейшего просмотра на компьютере, размещения в сети. Конвертирование происходит с сохранением всех эффектов (в том числе с помощью триггеров), гиперссылок, созданных в PowerPoint.

Конвертация компьютерной презентации в видео онлайн реализуется с помощью онлайн-сервисов, например:

OnlineConvert поддерживает огромное количество разных типов данных, в том числе презентации и видео.

Movavi конвертирует PowerPoint презентации в форматах *.PPTX, *.PPT и других типов файлов PowerPoint в видео форматы, при этом добавляет музыку или собственную озвучку к слайдам, сохраняет презентации для просмотра на мобильных устройствах и загрузки в сеть.

В случае если в видео-презентации хочется применить интересную эффектную анимацию и нестандартные интерактивные изображения, то целесообразно разработать видеоинфографику или flash-ролик.

На сегодняшний день существует два типа анимированных видеороликов: сюжетное анимированное видео и анимированная инфографика (или видеоинфографика). Если в основе сценария сюжетного видеоролика лежит занимательное повествование, то в основе анимированной инфографики – иллюстрированное объяснение сложной информации.

Для создания анимированной инфографики используется *принцип скрайбинга*, который заключается в том, что рисунок от руки создается в режиме реального времени и речь синхронизируется с появлением рисунка. В контексте данной статьи целесообразно говорить о *видеоскрайбинге*, результатом которого являются видеоролики, созданные по принципу скрайбинга.

Подобные видео-ресурсы создаются с помощью web-камеры, видеокамеры или *скринастинга*. Последнее представляет собой тип подкастастинга – видеоподкастинг – для передачи аудитории видеопотока с записью происходящего на экране компьютера пользователя. Технология скинкастинга реализуется с помощью специального ПО, которое позволяет производить запись действий, производимых на экране, добавлять комментарии и т. д. [5]

Рассмотрим примеры ПО для создания анимированной инфографики.

Онлайн-сервис *«Обьясняшки»* создает рисованные видеоролики как собственную эко-систему, поскольку все образы, графические символы создаются только в этой программе.

Видео-редактор *Sparkol VideoScribePro Edition* создает анимационные ролики или нарисованные презентации, сопровождая речью, музыкой и различными эффектами. Требует установки на компьютер.

Сюжетное анимированное видео создается на базе нарисованных персонажей и соответствующих заготовок и шаблонов, записи голосовых комментариев к слайдам. Рассмотрим примеры онлайн-сервисов для создания анимированного видео.

GoAnimate позволит создать сюжетный рассказ, который будет происходить с анимированными персонажами, имеющимися в сервисе.

Moovly содержит готовые формы и шаблоны для создания анимационного видео, что-то может дорисовать пользователь. На сайте программы работает чат-бот, которому можно задавать вопросы.

Для создания flash-презентации используются *flash-технологии*, которые базируются на векторной графике в качестве основного инструмента разработки flash-роликов, и реализуют все элементы мультимедиа: движение, звук и интерактивность объектов. Первоначально flash-технологии были разработаны компанией Macromedia и объединили в себе множество мощных технологических решений в области мультимедийного представления информации. На сегодняшний день популярностью пользуются flash-редакторы *Adobe Flash Professional CS3, Alligator Flash Designer, Macromedia Flash* и др.

Цифровое видео можно создавать с помощью видео-камеры, web-камеры, мобильного телефона и технологии скринкастинга, которая была рассмотрена выше. Созданный видеоролик или видеофрагмент редактируется в специализированных видео-редакторах, которые выполняют монтаж и преобразование в видео-презентацию. Рассмотрим некоторые примеры видео-редакторов.

Movavi Video Suite добавляет в презентацию эффекты и переходы, титры, анимацию, фоновую музыку для каждого слайда; дает возможность записывать картинку с камеры или экрана, преобразовывая видео в любой из популярных форматов видео.

Camtasia Studio представляет собой одновременно программу для осуществления записи с экрана и видео-редактор. С помощью этого мощного инструмента создаются эффектные, интерактивные, качественные и профессиональные видео-презентации.

Заключение

Таким образом, рассмотренные цифровые технологии для создания видео-презентаций могут помочь преподавателю создать видеоконтент и внедрить его в мультимедийный ЭОР. Презентации в формате видео можно разместить в локальной сети кафедры; дать студентам домой для самостоятельного изучения соответствующих тем некоторой дисциплины; внедрить в учебный кейс дисциплины, размещенный в системе дистанционного обучения университета.

Список литературы

1. Моисеева, Н. А. Медиакурс по информатике для будущих инженеров: создание и применение в современном учебном процессе / Н. А. Моисеева // Сб. тр. участников VI Всероссийской научно-

практической конф. «Методика преподавания математических и естественнонаучных дисциплин: современные проблемы и тенденции развития» (Омск, 04 июля 2019 г.). – Омск, 2019. – С. 259–261.

2. Габдулхаков, В. Ф. Цифровая педагогика и геймификация образования в университетах / В. Ф. Габдулхаков, Э. Г. Галимова // Образование и саморазвитие. – 2014. – № 4 (42). – С. 37-43.

3. Маняйкина, Н. В. Цифровое повествование: от теории к практике / Н. В. Маняйкина, Е. С. Надточева // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 10. – С. 60–64.

4. Конвертация данных // Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/392342

5. Михайлов, С. Н. Технологии разработки учебного скринкаста / С. Н. Михайлов // Научное мнение. – 2015. – № 6. – С. 106-110.

К вопросу электронного учебника как средства обучения и контроля знаний

Т. И. Назаров, email: timyr.ru@mail.ru
Ю. Б. Самойлов, email: timyr777@yandex.ru

Филиал Военного учебно-научного центра ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» в г. Сызрани

Аннотация. *В статье рассматривается вопрос использования электронного учебника, как средства обучения и позволяющего совершенствовать традиционную систему контроля и самоконтроля освоения полученных знаний.*

Ключевые слова: *электронные технологии обучения, электронный учебник, информатизация образования, обучение, самоконтроль, электронные образовательные ресурсы.*

Введение

В современных условиях от высшего учебного заведения требуется внедрение в образовательном процессе новых подходов к обучению. Ожидается, что именно внедрение электронных технологий в обучении, информатизация образования, формирование современной образовательной среды учебного заведения эффективно повлияют на уровень и качество получаемого образования.

1. Роль и место электронного учебника в образовательном процессе

Исходя из сказанного во введении, в современной модели обучения преподаватель должен выступать не в роли распространителя информации (как это традиционно принято), а в роли консультанта, советчика, иногда даже коллеги обучаемого. Это дает некоторые положительные моменты: обучаемые активно участвуют в процессе обучения, приучаются мыслить самостоятельно, выдвигать свои точки зрения, моделировать реальные ситуации [1].

В этом случае познавательный интерес часто рассматривают как средство активизации их познавательной деятельности, эффективный инструмент преподавателя, который позволяет ему сделать процесс обучения привлекательным, выделить в обучении те аспекты, которые могут привлечь к себе внимание обучаемых и заставят активизировать их мышление [2].

© Назаров Т. И., Самойлов Ю. Б., 2020

Для реализации компетентостного подхода в обучении на практике целесообразно все активнее использовать информационные технологии и компьютерные телекоммуникации.

Наиболее эффективное воздействие на обучаемых оказывают современные электронные образовательные ресурсы и средства обучения.

Все это реализуется в электронном учебнике. В широком понимании электронный учебник представляет собой продукт образовательного характера, который является автоматизированной обучающей системой, которая включает в себя дидактические, методические и информационно-справочные материалы по учебной дисциплине, которое позволяет комплексно использовать их для самостоятельного получения и контроля знаний [2].

Электронный учебник, даже самый лучший, не может и не должен заменять книгу, так как он принадлежит к жанру произведений учебного назначения [3].

Поэтому, для его создания, не достаточно взять хороший учебник, снабдить его навигацией (создать гипертексты) и богатым иллюстративным материалом, включая мультимедийные средства и вплоть на экране компьютера. Электронный учебник не должен превращаться ни в текст с картинками, ни в справочник, так как его функция принципиально иная.

Данный учебник максимально должен облегчить понимание и запоминание, причем активное, а не пассивное наиболее существенных понятий, утверждений и примеров. При этом, вовлекая в процесс обучения иные, чем обычный учебник, а так же возможности человеческого мозга, в частности слуховую и эмоциональную память, используя компьютерные объяснения.

Достоинствами компьютерных учебников являются: во-первых, их мобильность, во-вторых, доступность связи с развитием компьютерных сетей, адекватность уровню развития современных научных знаний.

Однако с другой стороны, создание электронных учебников способствует также решению и такой проблемы, как постоянное обновление информационного материала. В них также может содержаться большое количество упражнений и примеров, подробно иллюстрироваться в динамике различные виды информации. Кроме того, при помощи электронных учебников осуществляется контроль знаний [4].

В любом учебнике (электронном и печатном) выделяются две основные части: содержательная и процессуальная. В электронном

учебнике к ним добавляются ещё две части: управляющая и диагностическая.

Содержательная часть учебника включает следующие компоненты: познавательный, демонстрационный; процессуальная часть включает компоненты: моделирующий, контрольный, закрепляющий. Познавательный компонент направлен на передачу знаний обучаемому. Это, как правило, текстовая информация. Демонстрационный компонент поддерживает и раскрывает содержательный; моделирующий компонент позволяет применять знания к решению практических задач, моделировать изучаемые явления, процессы. Контрольно-закрепляющий компонент определяет степень усвоения изучаемого материала. Управляющая часть представляет собой программную оболочку электронного учебника, которая способна обеспечить взаимосвязь между его частями и компонентами. Диагностическая часть хранит статистическую информацию о работе с конкретными программами [4].

Использование электронного учебника позволяет совершенствовать традиционную систему контроля и самоконтроля освоения полученных знаний. Но, на сегодняшний день наиболее распространена «классическая» схема тестирования с вопросом и несколькими вариантами ответов.

В большинстве систем вопросы выбираются из большого их набора случайным образом. В процессе тестирования подсчитывается сумма баллов за ответы. Такой подход, не позволяет получить полной картины освоения учебного материала.

Для повышения эффективности компьютерных тестов необходимо использовать многоуровневые экспертные системы контроля знаний. Система такого типа позволяет выбирать задаваемые вопросы, в зависимости от ответов тестируемого на предыдущие вопросы, а также анализировать его ответы не по одному, а по нескольким критериям, что позволяет получить более полную картину в тестирующем субъекте [5].

По окончании раздела учебника обычно проводится промежуточный контроль знаний. При построении системы контроля формируется многоуровневая база знаний. Первый уровень контроля требует общих представлений об изученном материале. Его прохождение соответствует допуску к контролю знаний на последующих уровнях и возможности получения положительной оценки. Если данный уровень успешно пройден, то осуществляется переход ко второму уровню, который требует конкретных знаний изученного материала. Третий уровень предполагает решение практических задач, базирующихся на знании теоретического материала. Четвертый уровень требует применения логического

мышления, с использованием теоретических знаний, при решении практических задач [4].

На каждом уровне разрабатывается несколько направлений контроля знаний учебного материала рассматриваемого раздела. Если на некотором уровне испытуемый не справился с заданием, то ему задается новый вопрос этого уровня, но другого направления контроля. В случае, если с новым вопросом он тоже не справился, то выставляется оценка, соответствующая предыдущему уровню.

Когда испытуемый справился с новым заданием, то ему предлагается новый вопрос этого же уровня, но нового направления. При положительном решении контрольного задания испытуемый переводится на новый уровень. При отрицательном решении – ему выставляется оценка соответствующего уровня.

Итоговая оценка выводится на основе ответов на все вопросы, по всем уровням. За правильные ответы на вопросы общего характера, соответствующие требованиям первого и второго уровням, выставляется удовлетворительная оценка. Оценка «хорошо» может быть получена с учётом ответов на «1», «2» и «3» уровнях. Оценка «отлично» выставляется по результатам ответов на вопросы самого высокого уровня [4].

Применение данной экспертной системы при контроле знаний повысит объективность и качество оценки знаний обучаемого.

Заключение

Анализ педагогической практики показывает, что наиболее эффективное воздействие на обучаемых оказывают современные электронные образовательные ресурсы и средства обучения. Электронный учебник представляет собой продукт образовательного характера, который является автоматизированной обучающей системой наполненной материалами учебной дисциплины. Использование электронного учебника позволяет совершенствовать традиционную систему контроля и самоконтроля освоения полученных знаний. Применение электронного учебника в образовательном процессе положительно повлияет на объективность и качество оценки знаний обучаемого.

Список литературы

1. Селезнева, Н. А. Проблема реализации компетентностного подхода к результатам образования / Н. А. Селезнева // Высшее образование в России. – 2009. – № 8. – С. 3-9.

2. Иванов, В. Л. Структура электронного учебника / В. Л. Иванов // Информатика и образование. – 2001. – № 6. – С. 12-15.

3. Христочевский, С. А. Электронный учебник – текущее состояние / С. А. Христочевский // Компьютерные инструменты. – 2001. – №6. – С. 3-10.

4. Методика использования электронных учебников в образовательном процессе / Ю. Ю. Баранова [и др.] // Информатика и образование. – 2000. – № 8. – С. 43-47.

5. Шерпаев, Н. В. Электронный учебник как основа учебно-методического комплекса / Н. В. Шерпаев // Материалы конференции «ИТО-2002». – М., 2002. – С. 57.

Система самозаписи видеолекций

М. П. Ряполов, email: riapolov@vsu.ru
А. П. Толстобров, email: tap@vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложен способ многопоточной записи видеолекций. Способ позволяет организовать автоматизированную запись во время аудиторных лекций или создавать видеоролики для массовых открытых онлайн курсов с минимум постобработки перед публикацией.*

Ключевые слова: *видеолекции, МООК, онлайн курсы.*

Введение

В настоящее время во всём мире активно внедряются дистанционные формы образования. Это могут быть серии вебинаров, индивидуальное консультирование по определённой тематике или онлайн курсы. При проведении вебинаров в дистанционный формат переносится обычная очная лекция — преподаватель рассказывает на камеру и получает вопросы в чате. В ряде случаев ведётся запись вебинаров, что позволяет вернуться к рассказанному лектором. Из преимуществ такого подхода можно отметить простоту проведения — не требуется сложной аппаратуры или специальной подготовки. Можно даже ограничиться показом презентации и не включать видеокамеру. Но при этом и никаких дополнительных возможностей кроме участия из удобного для слушателей места и возможности записи материала нет. Индивидуальные консультации хороши, если нужно пообщаться с отдельным экспертом, но они не могут быть массовыми и значительно дороже любых других вариантов. Наиболее интересны с точки зрения педагогического эффекта и использования в учебном процессе вуза онлайн курсы. Они позволяют разместить любые учебные материалы в виде электронных документов, видеолекций, интерактивных материалов и проверочных заданий. Причём в качестве видеолекций могут выступать как записи обычных аудиторных лекций, так и специально записанные ролики небольшой длительности. В этой статье будет рассмотрен способ записи лекций, позволяющий создавать оба варианта видео с минимальными затратами на обслуживание оборудования и максимальной степенью автоматизации.

© Ряполов М. П., Толстобров А. П., 2020

1. Система каталогизации видеозаписей

Одним из ключевых компонентов в использовании видеолекций является их трансляция для слушателей. Можно использовать для этого общедоступные ресурсы, такие как YouTube, Vimeo или RuTube. Но при бесплатном использовании они содержат ряд ограничений. Они могут касаться сроков хранения видео при отсутствии обращений, встроенной рекламы, проверки на использование не лицензионного контента и ограничения доступа к роликам. Хотя бы частично эти проблемы можно решить корпоративными аккаунтами, но это требует регулярных платежей и сложно проводится через систему закупок госорганизаций.

Решением всех этих проблем может стать использование своего собственного видеохостинга. Однако, в этом случае придётся брать на себя работы по закупке и поддержанию оборудования, установке и сопровождению программного обеспечения для каталогизации видео. Разработка своей собственной системы для такой задачи является очень затратной, как по времени, так и по финансам. Кроме того, собственная индивидуальная система оказывается значительно более сложной в поддержке, чем тиражируемые. Готовых решений на рынке нет, предлагаемые партнёрами основываются на сложных и дорогих ECM системах с множественными доработками.

К счастью, задача публикации различного учебного видео стоит не только перед российскими вузами и существуют наработки европейских и американских коллег, распространяемые по свободным лицензиям. В данной работе рассматривается система, которая называется Opencast [1]. Она строится как распределённая система с узлами, реализующими разный функционал и обеспечивающими горизонтальное масштабирование. Рекомендуется выделение узла администрирования для загрузки и управлениями записями, узла обработки для преобразования загруженного видео в формат для трансляций и узла публикации для показа видео. Отдельно от этих узлов требуется наличие NFS хранилища для размещения всех видео и поисковых индексов. Схема серверов для развёрнутой в ВГУ системы приведена на рисунке 1.

Исходно система Opencast разрабатывалась для автоматизации записи аудиторных лекций, поэтому имела в своём составе агент для записи лекций и развитые средства планирования записи и их автоматической обработки. Сейчас агент записи вынесен в отдельный проект и будет рассмотрен в одном и последующих разделов вместе со средствами планирования. Из средств автоматической обработки нужно отметиться возможность подготовки видео для трансляции в разном качестве начиная от 240p до 4K, добавления к каждому ролику

дополнительно вступления и заключения (небольшие видеофрагменты) и водяных знаков. Последнее позволяет легко брендировать все загруженные материалы. Дополнительно к видео можно загружать субтитры для упрощения перевода на другие языки и людей с ограниченными возможностями здоровья. Кроме автоматических инструментов есть простой редактор видео, позволяющий вырезать из записанных материалов фрагменты. Он полезен при автоматической записи лекций, поскольку позволяет убрать моменты до начала занятия и после его окончания.

В момент разработки системы одним из основных требований была необходимость записи не только самого преподавателя и меловой доски, но и его презентации. Сделать это в одном кадре с достаточным качеством практически невозможно, поэтому была реализована запись в три потока: видео лектора, его презентации и звука с микрофона. Для презентации при обработке производится автоматическое распознавание текста и разбиение ролика на разделы по слайдам с возможностью поиска.

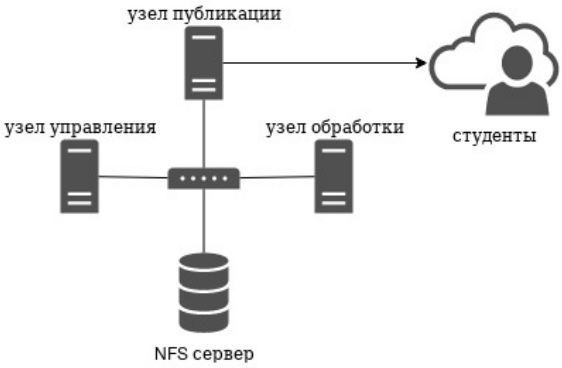


Рис. 1. Схема серверов установленной в ВГУ системы Opencast

2. Запись аудиторных лекций с помощью Galicaster

При всех достоинствах Opencast для автоматизированной записи имеют место ситуации, когда требуется ручное управление процессом. Это может потребоваться как при аудиторной работе, так и при записи в студии. Для этого можно использовать один из агентов – Galicaster [2]. Для его работы необходима рабочая станция с платами видеозахвата для подключения видеокамер, платы HDMI видеозахвата для записи экрана ПК лектора и звуковой карты. За кадром остаётся необходимость

наличия самой видеокамеры, микрофона и ПК, с которого будет захватываться экран. Вместо ПК можно использовать вторую видеокамеру для съёмки лектора с нескольких точек, однако за время эксплуатации для записи курсов это не понадобилось.

Нужно отметить, что запись всех трёх потоков: 2 видео и один звук ведётся синхронно и поэтому каких-то дополнительных действий для синхронизации при дальнейшей обработке материала не требуется.

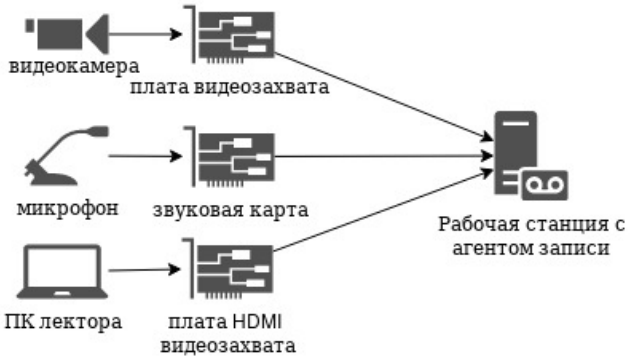


Рис. 2. Схема оборудования для использования Galicaster

В первом режиме работы Galicaster записывает видео просто на жёсткий диск рабочей станции и полученные материалы могут быть вручную загружены и обработаны. Во втором он может брать с сервера Opencast расписание записи и автоматически сохранять занятия. При этом вместе с временем из расписания приходит информация о предмете, лекторе и названии текущей темы. В настоящий момент мы не используем второй вариант из-за достаточно больших затрат на оборудование и нежелания большинства преподавателей записывать свои лекции на камеру.

Первый вариант с ручной записью в университете используется для организации студии самозаписи для видеолекций онлайн курсов. За счёт наличия простого интерфейса для запуска и остановки записи одной кнопкой это позволяет подготовить студию для работы и оставить в ней преподавателя одного на весь сеанс записи. Хотя это не позволяет контролировать картинку снимающегося преподавателя на камере, однако, значительно сокращает затраты времени обслуживающего персонала. При этом техник находится всегда на связи и в случае

появления вопросов или ошибок в работе оборудования сможет оперативно помочь преподавателю.

3. Публикация отснятых материалов в системах дистанционного образования

Для публикации видео в системе Opencast реализован стандартный API для взаимодействия систем электронного обучения – LTI. Он позволяет встроить как отдельное видео, так и целиком всю серию, содержащую лекции по отдельному предмету, в любую поддерживающую этот протокол систему. В нашем случае стояла задачу публикации видео в одной определённой системе. Это массово используемая мировыми вузами LMS Moodle [3].

При использовании LTI интерфейса видео транслируется с помощью проигрывателя Paella [4]. Он позволяет использовать все возможности Opencast – два потока видео, субтитры, навигация по слайдам. Проигрыватель написан на JavaScript и работает во всех браузерах с поддержкой HTML5. Это позволяет использовать его как на настольных компьютерах, так и на мобильных устройствах. В прошедшем году был произведён перевод интерфейса этого проигрывателя на русский язык и изменения отправлены в основную ветку разработки. Единственный недостаток такого подхода заключается в необходимости создания в электронном курсе отдельного элемента и невозможности встраивания видео в другие элементы курса, такие как html-страницы и книги. Кроме этого, было бы удобно делегировать преподавателям возможность самостоятельно размещать видео в своём курсе, выбирая его из специального хранилища. Интерфейс добавления видео показан на рисунке 3, хранилище видео называется video.mooc.vsu.ru и видно слева от окна с выбранным видео.

Начиная с 2019 года это можно сделать с помощью модуля для Moodle [5]. Он позволяет связать курс с одной из серий в Opencast и выбирать видео для публикации из хранилища, используя стандартный интерфейс. Авторы так же заявляют возможность загрузки видео со стороны Moodle в Opencast, но нами пока эта возможность не проверялась.

Заключение

В данной статье рассматривается набор программного обеспечения для организации записи, хранения и каталогизации видеолекций, а так же интеграции видео в электронные учебные курсы ВГУ. Всё рассмотренное программное обеспечение распространяется по свободным лицензиям и может быть сравнительно легко внедрено в работу любого вуза. Используя рассмотренные технологии в ВГУ были

созданы семь массовых открытых онлайн курсов, опубликованных на платформе ВГУ mooc.vsu.ru. В настоящий момент один их этих курсов доступен для ознакомления, остальные находятся в стадии тестирования и будут открыты в следующем семестре.

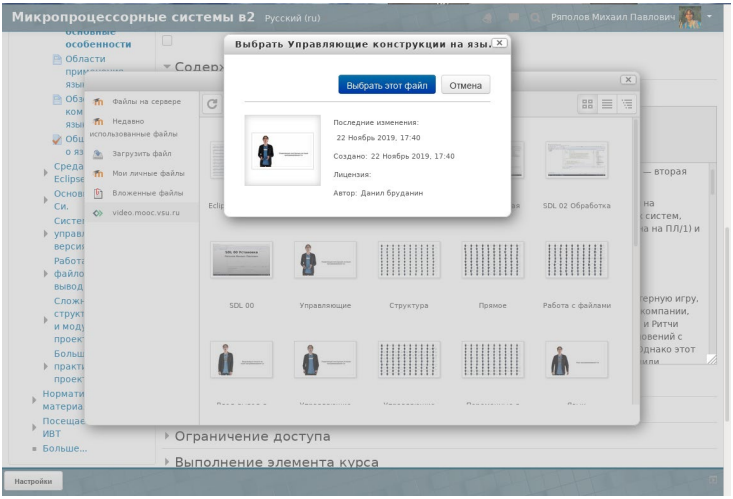


Рис. 3. Интерфейс блока Opencast для Moodle

Список литературы

1. Opencast Video Solution: The free and open source solution for automated video capture, management, and distribution at scale [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://opencast.org/

2. Galicaster [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://wiki.teltek.es/display/Galicaster/Galicaster+project+Home

3. Moodle: open source learning platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://moodle.org/

4. Paella Player [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://paellaplayer.upv.es/

5. Block to manage Opencast publications in moodle [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://github.com/unirz-tu-ilmenau/moodle-block_opencast

Формирование цифровой образовательной среды техникума в рамках дипломного проектирования студентов

Н. Г. Саблукова, email: sqnataly81@mail.ru
Н. Ю. Куликова, email: nat_135@mail.ru

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Арзамасский коммерческо-технический техникум»

Аннотация. *Цифровая образовательная среда представляет собой открытую совокупность информационных систем, предназначенных для обеспечения различных задач образовательного процесса. Формирование цифровой образовательной среды в техникуме возможно осуществить посредством создания информационных систем в рамках курсового и дипломного проектирования студентами специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование.*

Ключевые слова: *цифровая образовательная среда, методика создания цифровой образовательной среды.*

Введение

В сфере образования одним из приоритетных проектов на сегодняшний день является проект «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации», основная идея которого состоит в предоставлении доступа к онлайн-курсам, разработанным и реализуемым разными организациями на разных платформах онлайн-обучения, всем категориям граждан и образовательным организациям всех уровней образования.

Цель проекта заключается в создании условий для системного повышения качества и расширения возможностей непрерывного образования для всех категорий граждан за счет развития российского цифрового образовательного пространства [1]. Для достижения этой цели выбран путь широкого внедрения онлайн-обучения, в том числе, массовых открытых онлайн-курсов – обучающих курсов с интерактивным участием и открытым доступом через Интернет.

В более широком понимании цифровая образовательная среда включает не только организацию онлайн-обучения, а представляет собой открытую совокупность информационных систем, предназначенных для обеспечения различных задач образовательного процесса. Слово «открытая» означает возможность и право

© Саблукова Н. Г., Куликова Н. Ю., 2020

использовать различные информационные системы в составе цифровой образовательной среды, заменять их или добавлять новые по собственному усмотрению [2].

Именно в этом более широком направлении предполагается создание цифровой образовательной среды в нашем учебном заведении.

1. Формирование цифровой образовательной среды техникума

В процессе формирования цифровой образовательной среды техникума можно выделить несколько этапов:

1. Организационный этап, предполагающий:

– оценку соответствия имеющейся материально-технической базы требованиям ФГОС;

– планирование приобретение нового оборудования для реализации цифровой среды;

– анализ уровня ИКТ-компетентности педагогов и сотрудников;

– разработку локальных актов;

– обоснование выбора программного обеспечения для разработки цифровой образовательной среды.

2. Этап формирования цифровой образовательной среды.

На данном этапе была создана служба методического и технического сопровождения цифровой образовательной среды, сформирована материально-техническая база; разработаны отдельные модули цифровой образовательной среды; сформировано единое информационное пространстве в техникуме; проведено обучение персонала; обеспечена информационная безопасность в цифровой образовательной среде.

3. Аналитический этап.

После разработки цифровой среды предполагается проведение оценки соответствия сформированной ЦОС требованиям ФГОС и корректировка планирования ЦОС.

Для формирования цифровой образовательной среды техникум обладает современной учебно-материальной базой, включающей в себя кабинеты, лаборатории и мастерские, оснащенные мультимедийным оборудованием, интерактивными досками и мультидосками; 14 компьютерных классов, объединенных локальной сетью с выходом в высокоскоростной Интернет и системой WI-FI. На компьютерах установлено лицензионное программное обеспечение для базовой и профессиональной подготовки студентов (1С, Delphi, Компас, Вертикаль, Photoshop, 3DSMax и др.). Преподаватели и сотрудники постоянно повышают свой уровень ИКТ-компетенции через курсы повышения квалификации, в том числе, организуемых и в нашем техникуме. Так в 2017 году все преподаватели прошли курсы

«Формирование ИКТ-компетенции преподавателей техникума», в рамках которых учились работать с текстовыми и графическими редакторами, с электронными таблицами, пакетами прикладных программ профессионального назначения. Действует творческая мастерская «Совершенствование инфраструктуры информатизации современного образования», на занятиях которой проводятся мастер-классы по использованию различных компьютерных программ в учебно-воспитательном процессе.

Разработка отдельных модулей цифровой образовательной среды осуществляется посредством создания информационных систем в рамках курсового и дипломного проектирования студентами специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование. Данный подход позволяет реализовывать основную методическую тему нашего учебного заведения: Индивидуализация и дифференциация образовательного процесса в рамках внедрения ФГОС.

Можно выделить следующие достоинства привлечения студентов к созданию реальных проектов (электронных образовательных ресурсов) для формирования цифровой образовательной среды:

– развитие творческого потенциала у студентов;
– повышение интереса к программированию и профессии;
– достижение высокого уровня профессиональных и общих компетенций у студентов.

В результате использования курсового и дипломного проектирования для разработки модулей ЦОС не только повышается уровень информатизации учебного заведения, но и обеспечивается формирование высококвалифицированного специалиста, востребованного на рынке труда.

Для достижения данной цели разработано УМК по профессиональным модулям, учебным дисциплинам специальности «Информационные системы и программирование»; спроектированы практические занятия, которые предполагают разработку ЭОР; организована самостоятельная работа студентов, нацеленная на создание средствами программирования ЭОР; принято участие в предметных неделях специальности «Информационные системы и программирование», а также в научно-практических конференциях и конкурсах профессионального мастерства.

Методика организации учебной деятельности по созданию электронных образовательных ресурсов включает выполнение репродуктивных заданий в рамках проведения лабораторно-практических занятий по специальным дисциплинам и профессиональным модулям; разработку комплексных заданий на

разработку типовых фрагментов ЭОР; создание ЭОР в рамках курсового и дипломного проектирования, участия в профессиональных конкурсах и научно-практических конференциях в рамках сотрудничества с преподавателями (рис. 1).

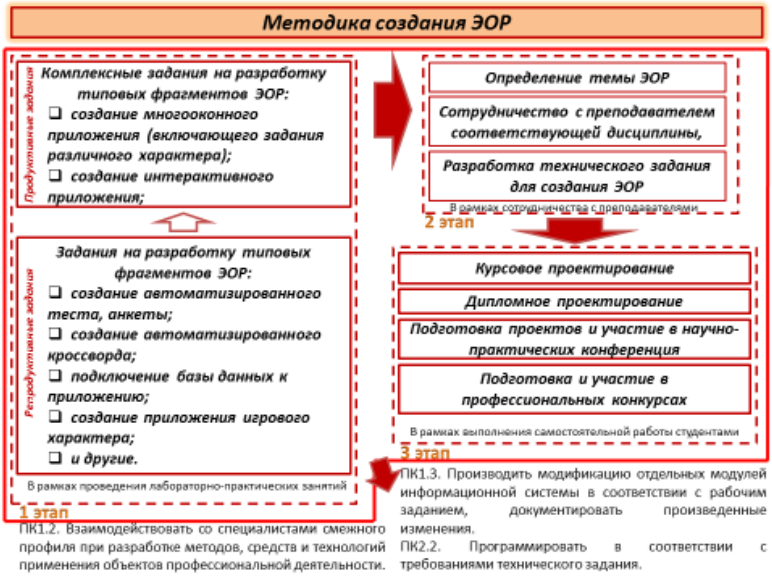


Рис. 1. Методика создания электронных образовательных ресурсов

Можно выделить следующие проекты студентов, которые уже успешно функционируют или проходят апробацию в нашем техникуме:

4. электронные учебники по различным дисциплинам, включающие лекции, практические задания, контроль знаний, интерактивные элементы (рис. 2);

5. виртуальные лаборатории, позволяющие студентам проверить теоретические знания на практике (рис. 3);

6. интерактивные web-квесты, содержащие проблемные задания и позволяющие студентам подойти к решению учебной задачи осознанно, творчески и с интересом;

7. АИС для учебной части техникума помогает заведующим отделениями вести базу данных студентов, контролировать их успеваемость, автоматизировать формирование ведомостей;

Рис. 2. Электронный учебник по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика»

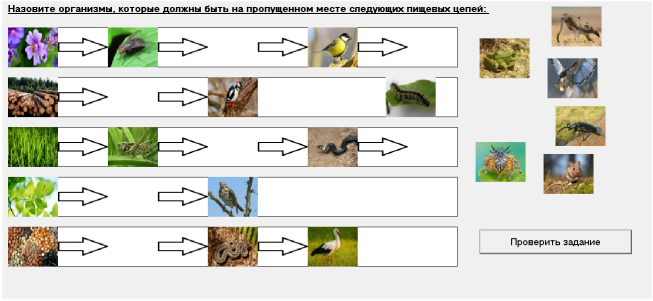


Рис. 3. Виртуальная лаборатория «Экология»

8. АИС для медицинского работника техникума помогает медику осуществлять поиск и группировку студентов по различным характеристикам;

9. база данных для работы приемной комиссии техникума позволяет абитуриентам заполнять заявление на поступление в электронном виде (рис. 4);

10. АИС для классного руководителя обеспечивает автоматизацию процессов внесения, хранения, накопления, обработки и представления всей необходимой информации о студентах и образовательном процессе (рис. 5).

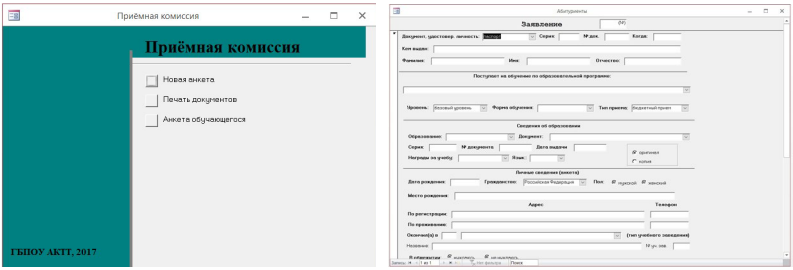


Рис. 4. База данных для работы приемной комиссии техникума

Рис. 5. АИС для классного руководителя

Заключение

Важным критерием цифровой образовательной среды является возможность доступа ко всем сервисам через браузер и мультиплатформенность используемых инструментов, обеспечивающая гибкость настройки, мобильность и удобство в работе для всех участников образовательного процесса. Поэтому следующим шаг в формирования цифровой образовательной среды предполагает интеграцию имеющихся информационных систем в единую платформу.

Внедрение цифровой образовательной среды в деятельность образовательной организации направлено на достижение следующих результатов: модернизацию образовательного процесса и документооборота, внедрение в педагогическую практику технологии электронного обучения, автоматизацию процессов управления качеством образования, развитие у студентов навыков обучения в цифровом мире, формированию умению создавать цифровые проекты для своей будущей профессии.

Список литературы

1. Паспорт приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам, протокол от 25.10.2016 № 9). [Электронный ресурс]: Кодификация РФ. – Режим доступа: https://rulaws.ru/acts/Pasport-prioritetnogo-proekta-Sovremennaya-tsifrovaya-obrazovatelnaya-sreda-v-Rossiyskoy-Federatsii/

2. Цифровая образовательная среда – это… [Электронный ресурс] / Аккредитация в образовании – Информационно-аналитический журнал. – Режим доступа: http://akvobr.ru/cifrovaya_obrazovatelnaya_sreda_ehto.html

Система оценивания уровня реализации электронных курсов в портале «Электронный университет ВГУ»

А. П. Толстобров, e-mail: tap@vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предлагается решение автоматизированного оценивания уровня реализации электронных курсов в образовательном портале на основе анализа статистики наполнения электронного курса учебными элементами разных типов и активности обращения к ним слушателей электронного курса.*

Ключевые слова: *электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, e-learning, системы управления обучением, LMS, Moodle.*

Введение

В настоящее время реализация электронных учебных курсов и электронного обучения в Воронежском государственном университете осуществляется в образовательном портале «Электронный университет ВГУ» [1], построенном на базе e-learning системы Moodle [2]. В настоящее время в портале создано и используется в учебном процессе несколько сотен электронных учебных курсов. При этом размещенные в портале курсы могут существенно различаться как по степени наполнения их образовательным контентом, разного рода электронными учебными элементами, затраченными на это усилиями авторов курсов так и по активности использования этого контента обучающимися по этим курсам студентами. В связи с этим в настоящее время стала весьма актуальной проблема объективного оценивания уровня реализации конкретных курсов, необходимая, например, для решения задачи справедливого материального стимулирования авторов наиболее продвинутых курсов.

1. Постановка задачи

Решение проблемы определения уровня реализации электронных курсов путем их экспертной оценки является чрезвычайно трудоемкой из-за большого числа курсов, требующих оценки, большого числа и разнообразия используемых в них учебных элементов. Она требует работы большого числа компетентных в области электронного обучения

© Толстобров А. П., 2020

экспертов и страдает невысоким уровнем объективности оценивания курсов.

В связи с этим, в данной работе ставится задача получения адекватной оценки уровня реализации электронного курса на основе автоматизированного анализа фактических параметров электронного курса, содержащихся в базе данных образовательного портала, и которые являются показательными для характеристики методического и технологического уровня электронного курса.

При этом возникает вопрос о критериях, по которым этот уровень может оцениваться.

На наш взгляд, наиболее значимыми показателями, объективно характеризующими уровень электронного курса, являются следующие. Во-первых, это наполненность курса электронными учебными ресурсами. При этом следует учитывать, что это могут быть учебные элементы самых разных типов, вследствие чего они могут существенно различаться, как по степени их педагогической ценности для достижения целей курса, так и по трудоемкости их создания и настройки для авторов курса. Заметим, что эти два параметра (трудоемкость создания и педагогическая ценность) как правило коррелируют друг с другом – элементы курса, наиболее интересные с педагогической точки зрения, являются более сложными и трудоемкими в их реализации.

Другой важной характеристикой является реальная востребованность наличия в курсе того или иного конкретного учебного элемента с точки зрения решаемой курсом педагогической задачи. Как показывает анализ существующих уже размещенных в образовательном портале университета электронных курсов [1], конкретные элементы электронного курса могут быть действительно востребованными, то есть к ним имеют место реальные обращения студентов, что свидетельствует о том, что эти ресурсы реально выполняют определенную педагогическую нагрузку, в отличие от также размещенных в курсе элементов, к которым обращения студентов отсутствуют, что свидетельствует о слабой эффективности выполнения этим элементов его педагогической функции.

То есть само по себе наличие в курсе какого-либо учебного элемента не может служить адекватной характеристикой уровня реализации курса. Причина этого может быть разная, возможно сам преподаватель принял решение не предъявлять этот элемент студентам, однако, тем тем не менее, такие элементы никакой методической нагрузки в курсе не несут и поэтому при оценивании уровня реализации курса учитываться не должны.

2. Разработка алгоритма формирования оценки уровня реализации электронных курсов в образовательном портале

В данной работе предлагается для определения вклада каждого учебного элемента электронного курса в общую оценку уровня реализации этого курса использовать среднее количество обращений к конкретному элементу каждого студента, обучающегося по курсу. То есть, общее количество обращений к данному элементу за интересующий нас период, нормированному на числе студентов, которые должны с этим элементом работать. Для того чтобы исключить влияние того фактора, что количество подписанных к разным курсам студентов может очень сильно отличаться.

Далее, в электронном курсе могут использоваться учебные элементы самых разных типов, от простых файлов, до сложных интерактивных учебных элементов, деятельность студентов с которыми оценивается преподавателем. Вполне очевидно, что элементы курса разных типов обладают совершенно разной ценностью для реализуемого электронным курсом педагогического процесса и, что также важно, разной трудоемкостью их реализации для преподавателя. Одно дело – размещение в курсе файла с информационными материалами, и другое – создание в курсе интерактивного учебного элемента, требующего от студента выполнения определенных, возможно сложных действий в электронной среде, успешность которых должна оцениваться преподавателем.

Учитывая это, интегральная оценка использования в курсе набора элементов, относящихся к одному типу, например, типа Файл, может осуществляться путем простого суммирования средних значений на одного студента количества обращений к каждому такому элементу данного типа.

$$\text{Оценка\_за\_Файлы} = \sum \text{Кол-во\_Обр\_Файл}(i)/\text{Кол-во\_Студ.}$$

Другое дело формирования количественной оценки уровня реализации курса путем агрегирование частных оценок за использование учебных элементов *разного* типа. В этом случае суммирование частных оценок, полученных для учебных элементов разных типов, следует производить уже с весовыми коэффициентами, соответствующими разной относительной ценности применения элементов того или иного типа в электронных курсах.

$$\text{Оценка\_за\_элем\_разных\_типов} = \sum V_{тип-к} \times \text{Оценка\_за\_ТипЭл}(k),$$

где $V_{тип\text{-}к}$ – это весовой коэффициент для оценки за использование в курсе набора элементов конкретного типа k.

Значения этих весовых коэффициентов должны определяться экспертами в соответствии с методической ценностью элементов конкретного типа и их реальной трудоемкостью реализации.

За условную единицу веса учебных элементов того или иного типа можно принять вес элементов типа Файл, которые наиболее просто размещаются в курсе и несут в курсе простейшую методическую нагрузку представления студентам определенной учебной информации без необходимости выполнения ими в портале какой-либо учебной оцениваемой деятельности.

Несколько более сложно оценивать весомость использования в курсе интерактивных элементов, являющихся контрольно-измерительными материалами в форме тестов. Уровень реализации в электронном курсе заданий в тестовой форме характеризуется следующими факторами:

- количеством тестов в курсе;
- количеством вопросов, используемых в каждом тесте;
- активностью обращений студентов к конкретному тесту;
- а также, из какого множества тестовых заданий, содержащихся в банке вопросов курса, выбираются вопросы, используемые в конкретном тесте, то есть от вариабельности вопросов конкретного теста.

Вклад конкретного тестового задания в оценку уровня реализации тестов в курсе наш взгляд можно считать пропорциональным количеству вопросов в этом тесте и среднему количеству обращений к тесту каждого студента (средней активности использования теста одним студентом).

$$\text{ВкладТеста}(i)=\text{КолВопрВТесте}(i)\times\text{КолОбрТест}(i)/\text{КолСтуд}.$$

Для формирования оценки за все тесты курса эти значения суммируются по всем тестам.

$$\text{ВкладВсехТестов}=\sum\text{ВкладТеста}(i).$$

Уровень реализации тестов курса зависит также от того, насколько размер банка вопросов курса позволяет формировать случайные варианты выдаваемых студентам тестовых заданий. Эту характеристику можно оценивать величиной отношения количества вопросов в банке тестовых заданий к суммарному количеству тестовых заданий в активных тестах.

$$\text{ВариантыВопросов}=\text{КолВопрБанк}/\text{СумКолВопрВоВсехТестах}.$$

Общую оценку уровня реализации всех заданий тестового типа можно определить тогда следующей формулой

$$\text{УровеньТестов} = V_{тест} \times \text{ВкладВсехТестов} \times \text{ВариантыВопросов}.$$

Весовой коэффициент $V_{тест}$ в выражении для оценки уровня тестов используется для формирования масштаба шкалы оценки. Например, если за оценку реализации тестов в один балл выбрать оценку одного условного теста, содержащего 10 вопросов, которые для формирования его вариантов случайным образом выбираются из 20 вопросов банка, и к такому условному тесту по одному разу обратился каждый студент курса, то такой множитель $V_{тест}$ должен быть равен $1/(10\times20) = 0{,}005$.

При агрегировании оценки за тесты с оценками за другие элементы курса оценку за тесты следует прибавлять к другим оценкам с соответствующим весовым коэффициентом, учитывающим относительную весомость использования в курсе тестовых заданий по сравнению, например, с размещением в курсе материалов в форме элемента типа Файл.

Исходные данные для формирования интегральной оценки уровня реализации электронного курса можно получить путем обработки информации о составе наполняющих электронный курс учебных элементов, их типов и настройках, и обработки содержащихся в журнальных записях портала данных по обращениям студентов к элементам курса. Итоговая оценка качества электронного курса может быть сформирована, как с учетом всех элементов курса, созданных с момента его открытия, так также и по элементам курса, созданным с момента начала периода, за который обрабатываются данные об обращениях студентов к элементам курса.

Практика разработки и использования электронных курсов в образовательном портале университета показала, что, как правило, большинство из них не являются застывшими образовательными ресурсами. Напротив, они активно развиваются их авторами. Перерабатываются не интерактивные информационные ресурсы, курсы обогащаются новыми более сложными и более эффективными с педагогической точки зрения типами учебных элементов, создаются новые тесты, наращивается количество тестовых заданий в банке вопросов курса. Возможность получения оценки курса по его элементам, созданным после начала установленного периода анализа, позволяет оценить динамику развития электронных курсов, что также является одним из стимулов их совершенствования.

Заключение

Приведенный выше способ автоматизированного оценивания уровня электронных курсов в образовательном портале «Электронный

университет ВГУ» реализуется в виде программного модуля (плагина), подключаемого к порталу Moodle [3, 4]. Возможность вывода информации как по всем курсам портала используется администратором портала, а по конкретному курсу и автором этого курса. Последний вариант реализуется в виде сервиса, доступного в самом электронном курсе для его автора.

Литература

1. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». Воронежский государственный университет [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://edu.vsu.ru

2. Open-source learning platform Moodle [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://moodle.org

3. Moodle Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Plugin development https://docs.moodle.org/dev/Plugin_types

4. Moodle Plugins [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://moodle.org/plugins/

Работа с интерактивными ментальными картами на уроках литературы

Р. В. Трошина, email: rimma-tro@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *В статье раскрывается понятие «ментальная карта», предлагается алгоритм ее составления, показаны возможности ее использования в работе учителя русского языка и литературы, представлен опыт создания ментальных карт средствами ИКТ.*

Ключевые слова: *ментальные карты (интеллект-карты), ИКТ, алгоритм составления карты, наглядность.*

Введение

К настоящему времени педагогами накоплен большой опыт использования компьютерных презентаций на уроках и во внеурочное время. Однако линейный характер представления информации в презентации затрудняет понимание взаимосвязей между элементами изучаемого объекта, делает невозможным представление о нем как о целостной системе. Поэтому многие учителя обращаются сейчас к другим способам визуализации учебной информации: инфографике, интерактивным плакатам, ментальным картам.

1. Конструирование и использование ментальных карт

Ментальные карты или интеллект-карты – один из способов фиксации и предъявления вербальной информации в виде рисунков, графиков, диаграмм, структурных схем, таблиц и т.п. Иными словами, ментальные карты – способ визуализации текстовой словесной информации в ином виде, средство наглядного обучения.

Информация, передающаяся словом, в значительной степени содержит образы воображения, абстрактные понятия, которые сложно воспринимать и запомнить. Ментальные карты способствуют восстановлению и запоминанию информации, заложенной в учебном тексте. При их составлении включается вербальная и образная память. В ходе усвоения учебного материала с использованием ментальных карт в виде графиков, схем, диаграмм, опорных сигналов развивается

© Трошина Р. В., 2020

логическое (причинно-следственные связи) и ассоциативное мышление (связи по ассоциациям).

Объект изучения помещается в центре, он должен быть самым ярким и запоминающимся, используем символ или рисунок

Основные проблемы, связанные с объектом изучения, расходятся от него лучами. На них записываются ключевые слова, которые тоже могут сопровождаться символами (больше 5).

На ответвлениях фиксируются (словами или символами) идеи второго или третьего порядка, они выстраиваются по принципу ассоциативных или последовательных взаимосвязей.

Для объектов одного порядка следует использовать один цвет, разная толщина линий может показывать связи различного уровня.

Построение карт начинают с правого верхнего угла и двигаются по часовой стрелке. Понятия обозначаются одним словом.

По мысли Тони Бьюзена, предложившего ментальные карты и разработавшего практическое руководство по их созданию, интеллект-карты позволяют сочетать в себе информацию из внешнего мира (изучаемого источника) и собственного внутреннего мира (анализ, спонтанные идеи, пришедшие по ходу чтения) [1].

Ментальные карты используют для запоминания большого объема информации (например, большого количества героев романа «Война и мир»), для упорядочения и систематизации материала (например, виды былин, образы, символы в этих эпических произведениях), для мозгового штурма по решению проблемы [2]. Тема ментальной карты может быть связана с одним произведением (например, «Капитанская дочка»), с разными произведениями одного автора, одной темы (например, Петербург Достоевского), с разными произведениями разных авторов (например, «Судьба интеллигенции в революции»).

С помощью «контрольных карт» разных видов можно проверить знания ученика. Например, ученику предъявляется готовая карта с пропущенными объектами, его задача – заполнить недостающие фасеты. Такой способ позволяет проверить, запомнил ли ученик понятие или литературного героя и может ли найти его место в карте.

Второй вид карты – карта с преднамеренно допущенными ошибками – в неё могут быть добавлены посторонние понятия и лишние связи. При выполнении данного задания ученик должен ориентироваться в карте, убрать лишние связи и посторонние понятия, которые не относятся к изучаемой теме.

Третий вид – карта с отсутствием связей между объектами. Учащийся должен связать эти элементы и объяснить свой выбор.

Ментальные карты чаще всего выполняются на листе А1 или развороте страниц тетради, однако есть множество вариантов разнообразить работу учащихся или учителя, используя для этого инструменты ИКТ.

Для создания ментальных карт существуют онлайн-сервисы, например Cacoo.com, MindMeister.com. На компьютер можно установить бесплатные программы: XMind, FreeMind и другие. В этих программах есть возможность сохранять готовые карты в различных форматах: jpeg, pdf, html.

Возможна и разработка ментальных карт карт с помощью инструментов интерактивной доски, например SMART Board, чья программа позволяет создавать фигуры различной формы, линии различной толщины и цвета, коллекция содержит большое количество картинок, элементы можно перемещать на слайд и располагать в таком порядке, в котором требуется. Наконец и в обычной программе Microsoft Power Point можно разрабатывать интеллект-карты. Для этого используют инструмент SmartArt, который позволяет работать с шаблонами – создавать их, изменять их.

Заключение

Ментальные или интеллект-карты должны входить в методический арсенал учителя русского языка и литературы как средство, формирующее ассоциативное и логическое мышление, повышающее познавательную активность школьников. Но они, безусловно, лишь один из способов визуализации вербальной информации. Задача педагога – продемонстрировать учащимся разные способы и создать условия для выбора того, который им представляется наиболее эффективным и целесообразным.

Список литературы

1. Бьюзен, Т. Интеллект-карты [Текст] : полное руководство по мощному инструменту мышления / Тони Бьюзен ; перевод с английского Ю. Константиновой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 199 с.

2. Воробьева, В. М. Эффективное использование метода интеллект-карт на уроках: Методическое пособие / В. М. Воробьева, Л. Г. Будунова Л. В. Чурикова. – М.: ГБОУ «ТемоЦентр», 2013. – 46 с.

Секция 6
Применение информационных технологий в преподавании различных дисциплин

Преимущества и недостатки применения информационных технологий в образовании

Г. Н. Асланова, email: gu_la_ga@mail.ru

Дагестанский государственный университет народного хозяйства

Аннотация. *Использование информационных технологий в образовании является актуальным, так как существует социальная потребность в повышении качества образования в современное время. Основной целью применения информационных технологий в образовательном процессе является повышение качества обучения. В статье перечислены основные преимущества и недостатки применения информационных технологий в образовании.*

Ключевые слова: *информационные технологии, образование, обучение, система образования, информатизация, компьютерные технологи в образовании.*

Введение

Под информационными технологиями понимают процессы, методы поиска и сбора информации, хранения и обработки, распространения информации, а также способы осуществления таких процессов и методов [1].

Роль информационных технологий чрезвычайно важна в современном быстроразвивающемся мире, так как они занимают центральное место в процессе интеллектуализации общества, развития системы образования и культуры. Следует отметить, что система образования и наука являются одним из объектов процесса информатизации общества.

Информатизация образования в силу специфики самого процесса передачи знания требует тщательной отработки используемых технологий информатизации и возможности их широкого тиражирования. Кроме того, стремление активно применять современные информационные технологии в сфере образования должно быть направлено на повышение уровня и качества подготовки специалистов [2].

© Асланова Г. Н., 2020

1. Классификация информационных технологий в образовании

Ни одна отрасль сегодня не может развиваться без применения информационных технологий. Сфера образования также не является исключением. Причем компьютерные технологии здесь являются неотъемлемым элементом образовательного процесса, несомненно повышающим его эффективность.

Использование информационных технологий в образовании является актуальным, так как существует социальная потребность в повышении качества образования в современное время. Основной целью применения информационных технологий в образовательном процессе является повышение качества обучения. Классификация применения информационных технологий в образовании приведена на следующем рисунке.

Рисунок. Классификация информационных технологий в образовании

Информационные технологии для представления (демонстрации) информации представляют собой мультимедийные, компьютерные технологии, электронные учебники, технологии дистанционного обучения. Информационные технологии для контроля знаний включают тестирующие программы, контролирующие компьютерные программы. Немаловажным является умелое применение технических средств в образовательной системе.

Рассмотрим основные направления применения информационных технологий в образовании.

1. Получение информации и ее систематизация – использование ресурсов глобальной сети, электронных учебников, справочных ресурсов, электронных и библиотек.

2. Визуальное представление информации, применение мультимедийных технологий – использование мультимедийного оборудования и программ, создание презентаций, схематическое представление данных в графических редакторах, проведение деловых игр и интеллектуальных викторин.

3. Контролирование успеваемости обучающихся – проведение тестирования с использованием компьютерной техники, создание электронных журналов.

4. Автоматизация расчетов – решение задач с использованием пакета прикладных программ, что значительно сократит временные затраты.

5. Коммуникационная связь и дистанционное обучение – организация взаимодействия между участниками образовательного процесса на расстоянии.

6. Автоматизация деятельности ВУЗа, школы – применение информационных систем, которые помогут осуществить комплексный анализ деятельности учебного заведения, облегчить составление расписания учебных занятий и распределение учебной нагрузки.

7. Создание учебно-методического обеспечения – разработка электронных учебников, методических пособий.

2. Преимущества и недостатки применения информационных технологий в образовании

Среди основных преимуществ применения информационных технологий в сфере образования следует отметить следующие [3]:

– визуализация информации;

– возможность воссоздания реальной ситуации;

– возможность проведения виртуальных лабораторных работ, исследований;

– возможность ускоренного контроля знаний с использованием тестирующих программ;

– гибкость управления учебным процессом;

– возможность саморазвития обучающихся, индивидуального обучения;

– возможность проведения телеконференций;

– тренировка внимания, памяти, мышления обучающихся, активизация умственных способностей;

– повышение мотивации обучающихся;

– доступность обратной связи;
– активное вовлечение учащихся в учебный процесс;
– мгновенный доступ к нужной информации.

Рассмотрим недостатки использования информационных технологий:

– минимизация живого общения в формате учитель-ученик;
– отсутствие носителя нравственных ценностей – учителя;
– невозможность применения индивидуального подхода;
– нагрузка на зрительный канал восприятия информации;
– недостаток практических занятий;
– информационная перегрузка;
– отвлечение учащегося от учебного процесса.

В качестве основных принципов дидактики рассматриваются следующие принципы: наглядности, доступности и посильности, индивидуализации обучения, сознательности и активности, а также связи теории и практики, обучения и воспитания, научности. В следующей таблице данные принципы рассматриваются с точки зрения применения традиционных методов обучения и обучения с использованием информационных технологий.

Таблица

Принципы дидактики в традиционном и современном обучении

Основные принципы дидактики	**Традиционное обучение**	**Обучение с применением ИТ**
Принцип наглядности	Трудоемок в реализации, ограничен в применении при изложении теоретических знаний	Возможность наглядного представления скрытых от восприятия закономерности познаваемого (возможность представления того, что выражено абстрактными законами)
Принцип доступности и посильности	Сложен в реализации, так как дозировать индивидуальную меру трудности задания учителю сложно	Возможно генерировать задачи возрастающей сложности – обучающийся сам будет отбирать задачи, требующие умственного напряжения

Окончание таблицы

Основные принципы дидактики	Традиционное обучение	Обучение с применением ИТ
Принцип индивидуализации обучения	Возникают трудности в реализации – необходимо обучать всех одновременно по единой программе, охватывая значительный объем учебного материала	Возможность доступа каждого обучающегося к базам преподавателя, возможность обратной связи с преподавателем, возможность осуществления самопроверки через систему тестовых задач
Принцип сознательности и активности	Возможно реализовать, но с учетом определенных сложностей – затрат времени, приложения больших усилий, в связи с чем возможна потеря интереса ученика	Возможно добиться полноценной реализации при условии проектирования учеником своей образовательной программы

Таким образом, очевидно, что информационные технологии создают условия для полноценной реализации всех перечисленных выше принципов дидактики, что коренным образом изменяет весь образовательный процесс.

Заключение

Преимущества применения информационных технологий значительно превышают недостатки, но каким бы эффективным инструментом ни были ИТ, они не предназначены для замены педагога. Внедрение информационных технологий в образовательный процесс оказывает значительное влияние на систему мышления, систему ценностей, саморазвитие, и, конечно же, качество обучения. По моему мнению, информационные технологии несомненно должны использоваться в образовательном процессе в полной мере, но их следует рассматривать как средство для достижений важной цели – повышения качества образования, формирование мировоззрения, воспитание положительных качеств личности. Одним словом, средства

информационных технологий следует применять как дополнение к традиционным формам обучения.

Список литературы

1. Алешин, Л. И. Информационные технологии: Учебное пособие / Л. И. Алешин ; М.: Маркет ДС. – 2011. – 384 с.

2. Федотова, Е. Л. Информационные технологии в науке и образовании: Учебное пособие / Е. Л. Федотова, А. А. Федотов. – М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА – М. – 2013. – 336 с.

3. Шадриков, В. Д. Информационные технологии в образовании: плюсы и минусы / В. Д. Шадриков, И. С. Шемет // MOSCOW Education Online 2009: сб. тр. участников III международной конференции по вопросам обучения с применением технологий e-learning (Москва, 27-29 сентября 2009 г.). – Москва, 2009 г. – с. 302-307.

Применение информационных технологий при решении задачи линейного программирования

Г. Н. Асланова, email: gu_la_ga@mail.ru

Дагестанский государственный университет народного хозяйства

Аннотация. *Применение информационных технологий при решении прикладных задач намного упрощает процесс нахождения оптимального решения. В данной статье показано как можно решить задачу линейного программирования с использованием графического метода и табличного процессора MS Excel. При решении прикладных задач, в том числе и задач оптимизации, используется инструмент Поиск решения. Данный инструмент позволяет находить значения переменных при заданном критерии оптимальности, при выполнении заданных ограничений задачи.*

Ключевые слова: *информационные технологии, задача линейного программирования, графический метод, оптимизация, алгоритм, поиск решения.*

Введение

Сегодня трудно представить повседневную жизнь человека без информационных технологий. IT-технологии полностью вошли в нашу жизнь, сфера образования не является исключением. Под информационными технологиями понимают совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных для получения новой информации о состоянии объекта (процесса, явления). Использование IT-технологий в сфере обучения сегодня является актуальным, так как это позволяет повысить эффективность обучения, его качество, также существует потребность использования в образовательных учреждениях современных компьютерных программ. Образовательный процесс модернизируется – происходит переход от традиционных лекционных способов освоения материала к активным формам работы, организации самостоятельной поисковой деятельности обучающихся. Внедрение к учебный процесс компьютерных технологий, владение преподавателями информационными технологиями является основой повышения качества образования. Главной целью применения информационных технологий в образовательном процессе является усиление интеллектуальных возможностей обучающихся, индивидуализация и повышение качества обучения на всех ступенях процесса обучения.

© Асланова Г. Н., 2020

В современных условиях преподавание любой дисциплины является немыслимым без использования информационных технологий. Математические дисциплины являются сложными для большого числа студентов, что может способствовать снижению интереса к изучению дисциплины. Поэтому применение информационных технологий является сегодня актуальным. Например, при преподавании дисциплины «Методы оптимальных решений» использование компьютерных средств намного упрощает процесс обучения: у студента появляется возможность решить поставленную задачу традиционным методом и с использованием табличного процессора, а затем сравнить результаты, полученные обоими методами решения. Это намного упрощает процесс запоминания алгоритмов решения задач. В данной статье рассматривается применение информационных технологий на примере решения задачи линейного программирования (ЗЛП).

1. Составление математических моделей экономических задач

Математическая модель задачи представляет собой совокупность математических соотношений, которые описывают суть поставленной задачи. Процесс составления математической модели задачи должен включать в себя следующее: 1) определение (выбор) переменных задачи; 2) составление системы ограничений задачи; 3) выбор критерия оптимальности – определение целевой функции задачи. Целевая функция представляет собой функцию переменных задачи, характеризующую качество выполнения задачи, экстремум которой предстоит найти [1].

Различают линейные и нелинейные модели. В данной статье рассматривается линейная модель, то есть модель, в которой взаимосвязь между входными значениями переменных и результирующими значениями линейна.

В качестве примера составления математической модели рассмотрим следующую задачу. Некоторое пошивочное предприятие выпускает два вида костюмов: мужские и женские. На женский костюм требуется 1м шерсти, 2м лавсана и 1чел./день трудозатрат. На мужской костюм – 3,5м шерсти, 0,5м лавсана и 1чел./день трудозатрат. Всего имеется 350м шерсти, 240м лавсана и 150чел./дней трудозатрат.

Требуется определить, сколько костюмов каждого вида необходимо сшить, чтобы обеспечить максимальную прибыль. При этом известно, что прибыль от реализации женского костюма составляет 10 денежных единиц, а от мужского – 20 денежных единиц. Также следует иметь в виду, что необходимо сшить не менее 60 мужских костюмов.

Целью данной задачи является максимизация прибыли от реализации костюмов.

Обозначим через x_1 – количество женских костюмов, а через x_2 – количество мужских костюмов.

Модель задачи линейного программирования можно записать в виде (1)-(3), где (1) – целевая функция, (2) – система ограничений задачи, (3) – прямые ограничения задачи.

$$Z(X) = 10x_1 + 20x_2 \to \max \tag{1}$$

$$\begin{cases} x_1 + 3,5x_2 \le 350, \\ 2x_1 + 0,5x_2 \le 240, \\ x_1 + x_2 \le 150, \\ x_2 \ge 60. \end{cases} \tag{2}$$

$$x_1 \ge 0 \tag{3}$$

Условия неотрицательности переменных обоснованы тем, что количество производимой продукции (выпуск костюмов) не может быть отрицательным (вторая переменная в условии (3) не указана, так как ее неотрицательность учитывается в условиях (2)).

2. Решение задача графическим способом

Рассматриваемая задача является задачей линейного программирования с двумя переменными. Такие задачи можно решать графическим методом [1]. Суть метода заключается в графическом представлении системы ограничений задачи – нахождении области допустимых решений (ОДР) задачи. ОДР – это множество всевозможных решений, которые удовлетворяют системе ограничений задачи. Любое решение системы ограничений считается допустимым решением ЗЛП. Допустимое решение, при котором целевая функция достигает своего максимального или минимального решения, называется оптимальным.

Для того чтобы найти оптимальное решение ЗЛП графическим способом, необходимо произвольную линию уровня перемещать в направлении вектора-градиента (при решении задачи на максимум) либо в противоположном направлении вектора-градиента (в случае решения задачи на минимум). Оптимальной будет та точка, покидая которую линия уровня покидает ОДР.

Алгоритм графического метода решения задач линейного программирования представлен на рис. 1.

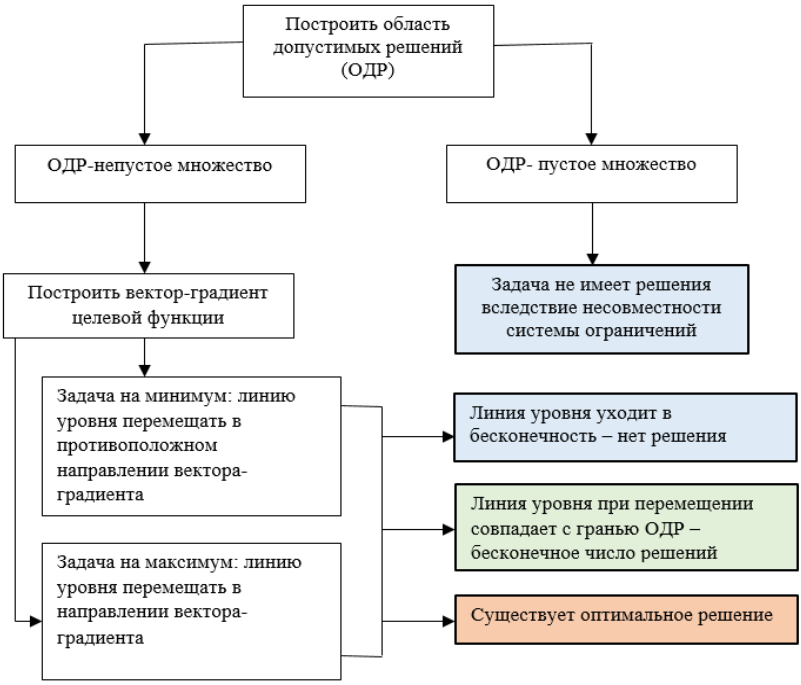


Рис. 1. Алгоритм решения ЗЛП графическим способом

ЗЛП может не иметь решения в том случае, если ОДР является пустым множеством – значит система ограничений несовместна. Также нет решения в случае, когда линия уровня уходит в бесконечность, то есть невозможно при перемещении линии уровня найти последнюю точку пересечения с ОДР, так как ОРДР является неограниченной областью.

Целевая функция может достигать экстремума в двух вершинах ОДР – это означает, что она достигает экстремума также в любой точке, лежащей на отрезке, соединяющем эти две вершины. В данном случае задача имеет бесконечное множество оптимальных решений.

В случае, если ЗЛП имеет оптимальное решение, то для его нахождения решить совместно уравнения прямых, ограничивающих ОДР и имеющих общие точки с соответствующей опорной прямой и вычислить значение целевой функции на оптимальном решении.

Графический метод решения задачи о костюмах представлен на рис. 2.

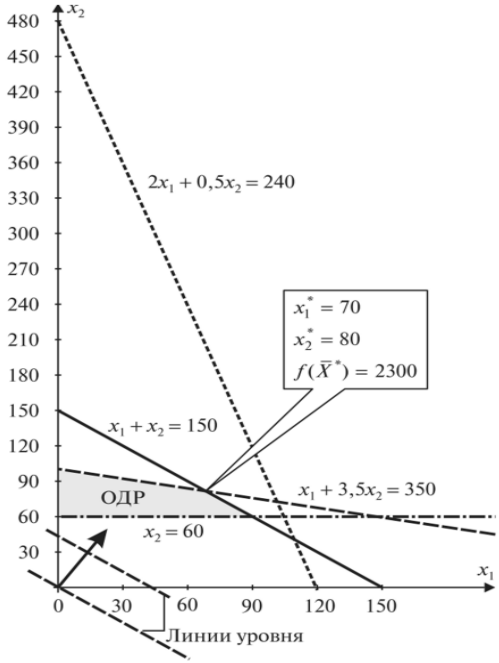


Рис. 2. Графический способ решения задачи о костюмах

В результате решения задачи графическим способом найдено следующее решение: должно быть произведено 70 женских и 80 мужских костюмов, максимальная прибыль при этом будет составлять 2300 денежных единиц.

3. Решение задачи с применением табличного процессора MS Excel

При решении прикладных задач, в том числе и задач оптимизации, используется инструмент *Поиск решения* [2, 3]. Данный инструмент позволяет находить значения переменных при заданном критерии оптимальности, при выполнении заданных ограничений задачи. Решение задачи всегда необходимо начинать с составления модели.

Среди обычных задач, решаемых с помощью инструмента Поиск решения, можно выделить следующие:

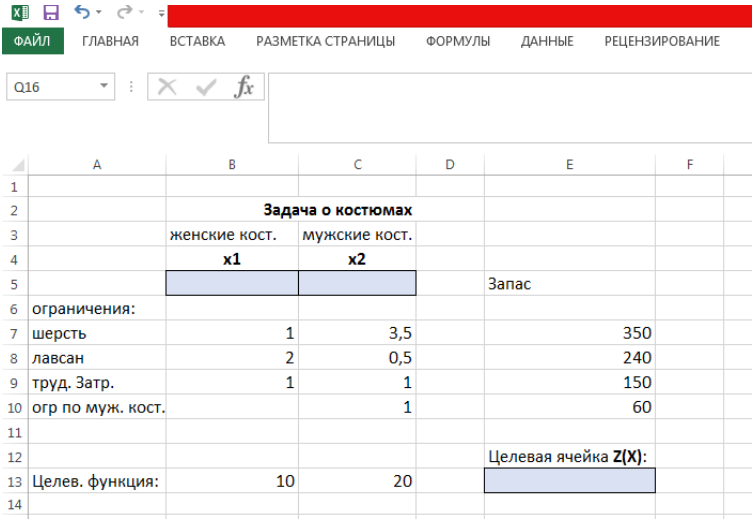
- ассортимент продукции;
- штатное расписание;
- планирование перевозок;
- составление смеси;
- оптимальный раскрой материалов;

– оптимизация финансовых показателей.

Задачи, решаемые данным средством, должны обладать следующими общими свойствами:

1. должна существовать единственная максимизируемая или минимизируемая цель;
2. определены ограничения задачи;
3. имеется набор входных значений – влияющих на ограничения и на оптимизируемые величины переменных.

Решим задачу о костюмах в табличном процессоре MS Excel с применением инструмента Поиск решения. Каким образом можно ввести исходную информацию представлено на рис. 3.



	A	B	C	D	E	F
1						
2			**Задача о костюмах**			
3		женские кост.	мужские кост.			
4		**x1**	**x2**			
5					Запас	
6	ограничения:					
7	шерсть	1	3,5		350	
8	лавсан	2	0,5		240	
9	труд. Затр.	1	1		150	
10	огр по муж. кост.		1		60	
11						
12					Целевая ячейка **Z(X)**:	
13	Целев. функция:	10	20			
14						

Рис. 3. Ввод исходной информации

В ячейку E13 введем формулу для расчета целевой функции: =СУММПРОИЗВ(B5:C5;B13:C13)

В ячейку D7 введем ограничение по шерсти: =СУММПРОИЗВ($B$5:$C$5;B7:C7)

В ячейку D8 введем ограничение по лавсану: =СУММПРОИЗВ($B$5:$C$5;B8:C8)

В ячейку D9 введем ограничение по трудовым затратам: =СУММПРОИЗВ($B$5:$C$5;B9:C9)

В ячейку D10 введем ограничение по количеству мужских костюмов: =СУММПРОИЗВ($B$5:$C$5;B10:C10).

Для большей наглядности, быстрого ориентирования можно выделять цветом необходимые ячейки. В данном случае цветом выделены ячейки, в которых будет получено оптимальное решение – это выпуск костюмов и максимальная прибыль, полученная при данном выпуске.

В окне Поиск решения вводим необходимую информацию как представлено на рис. 4.

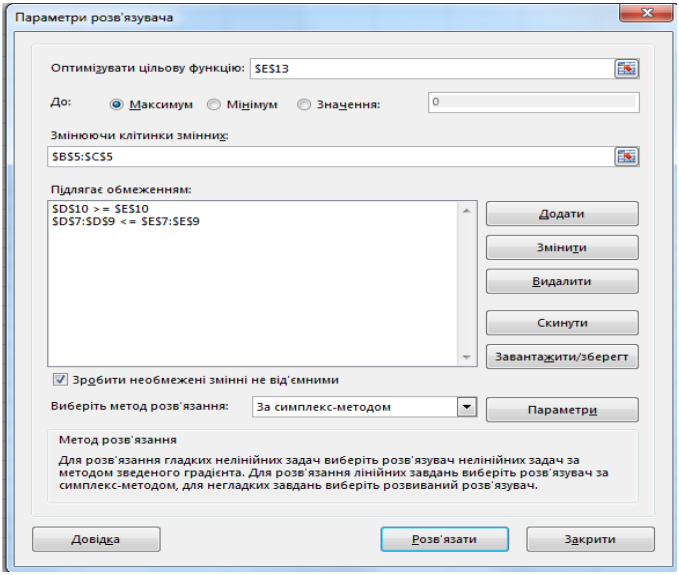
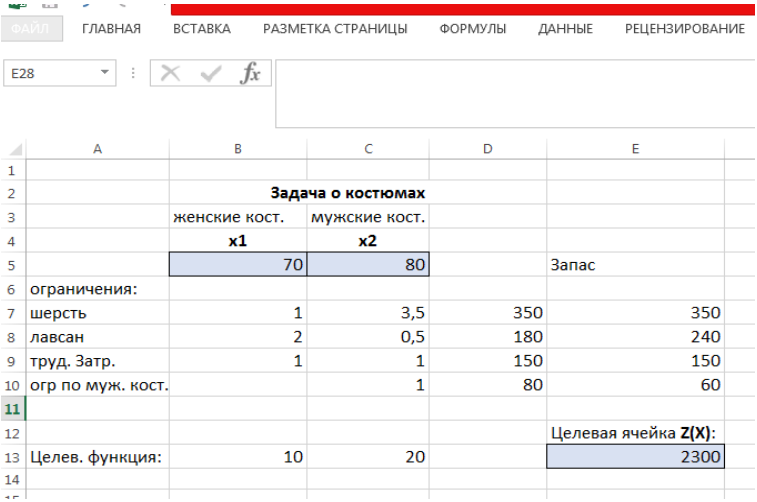


Рис. 4. Диалоговое окно *Поиск решения*

Указываем, что переменные задачи неотрицательные. В списке методов решения выбираем задачу линейного программирования.

Результат решения задачи о костюмах с применением инструмента Поиск решения отражены на рис. 5.

Результат совпал с решением задачи графическим методом: должно быть произведено 70 женских и 80 мужских костюмов, максимальная прибыль при этом будет составлять 2300 денежных единиц.



	A	B	C	D	E
1					
2		**Задача о костюмах**			
3		женские кост.	мужские кост.		
4		**x1**	**x2**		
5		70	80		Запас
6	ограничения:				
7	шерсть	1	3,5	350	350
8	лавсан	2	0,5	180	240
9	труд. Затр.	1	1	150	150
10	огр по муж. кост.		1	80	60
11					
12					Целевая ячейка **Z(X)**:
13	Целев. функция:	10	20		2300
14					

Рис. 5. Решение задачи о костюмах с применением MS Excel

Заключение

Главной целью применения информационных технологий в образовательном процессе является усиление интеллектуальных возможностей обучающихся, индивидуализация и повышение качества обучения на всех ступенях процесса обучения. В рассмотренном в статье примере показано, что информационные технологии визуализируют информацию, иллюстрируют динамику изучаемых процессов и явлений, упрощают процесс обучения. Применение информационных технологий при решении прикладных задач позволит повысить эффективность и качество обучения, позволит студентам мыслить самостоятельно, четко ставить цели и находить пути их достижения – это ценится значительно выше, чем просто владение знаний без применения их для решения конкретных проблем.

Список литературы

1. Афанасьев, М. Ю. Прикладные задачи исследования операций: Учебное пособие / М. Ю. Афанасьев, В. М. Матюшок, К. А. Багриновский. – М.: Инфра-М, 2018. – 672 с.

2. Просветов, Г. И. Анализ данных с помощью Excel. Задачи и решения / Г. И. Просветов. – М.: Альфа-пресс, 2013. – 160 с.

3. Черноруцкий, И. Г. Методы оптимизации. Компьютерные технологии / И. Г. Черноруцкий. – СПб.: BHV, 2011. – 384 с.

Применение сервиса learningApps.org при обучении химии в школе

Н. В. Бахилова, email: bahilova1980@yandex.ru

МКОУ «Каменская СОШ №1 с углублённым изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза В.П.Захарченко» Каменского муниципального района Воронежской области

Аннотация. *Рассматривается целесообразность применения сервиса learningapps.org на уроках химии, как средства интенсификации учебного процесса. Описывается методика работы с данным сервисом, типология упражнений и заданий на разных этапах урока.*

Ключевые слова: *приложение Web 2.0, сервис learningApps.org, макеты, аккаунт.*

Введение

Основная задача современной школы – это раскрытие интеллектуального потенциала каждого ученика. Учитель в связи с этим задаётся целью, с помощью каких средств можно наиболее эффективно сформировать и активизировать познавательный интерес обучающихся к тому или иному предмету. Школьное обучение должно способствовать личностному росту, чтобы выпускники на выходе из школы самостоятельно ставили и достигали высокие цели, умели находить выход в различных нестандартных ситуациях. Поэтому наиболее эффективным средством достижения поставленной цели, на мой взгляд, является формирование универсальных учебных действий в процессе использования информационно-коммуникационных технологий. Сегодня в сети интернет можно найти много различных интерактивных пособий, материалов, программ, тренажёров, с помощью которых можно включить обучающихся в интересную, творческую, познавательную деятельность, а также заниматься проектно-исследовательской деятельностью. Мне представилась возможность познакомиться с интерактивным учебно-методическим пособием LearningApps.org. LearningApps.org является приложением Web 2.0 для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей. Имеющиеся модули могут быть использованы в обучении, а также возможно их изменять, создавать новые. Целью этого ресурса является общедоступность, интерактивность и

© Бахилова Н. В., 2020

необычность в использовании [1]. Данный ресурс предоставляет как готовые интерактивные задания по различным предметным областям, так и возможность творчески создавать новые ресурсы. На сайте представлено 34 макета для создания интерактивных дидактических материалов. Макеты распределены по блокам в зависимости вида деятельности: выбор, распределение, последовательность, заполнение, онлайн-игры, инструменты. Все понравившиеся готовые задания можно сохранить в «Мои приложения» и использовать как на уроках, так и задавать на дом в качестве домашней работы.

1. Возможности сервиса learningApps.org

На начальном этапе изучения химии важно не только сформировать у обучающихся определённые универсальные учебные действия, но и привлечь к предмету интерес. В этом помогают различные дидактические игры [1], например: «Скачки» (рис. 1), викторина «Классы неорганических соединений» (рис. 2), в которой могут принимать участие несколько игроков.

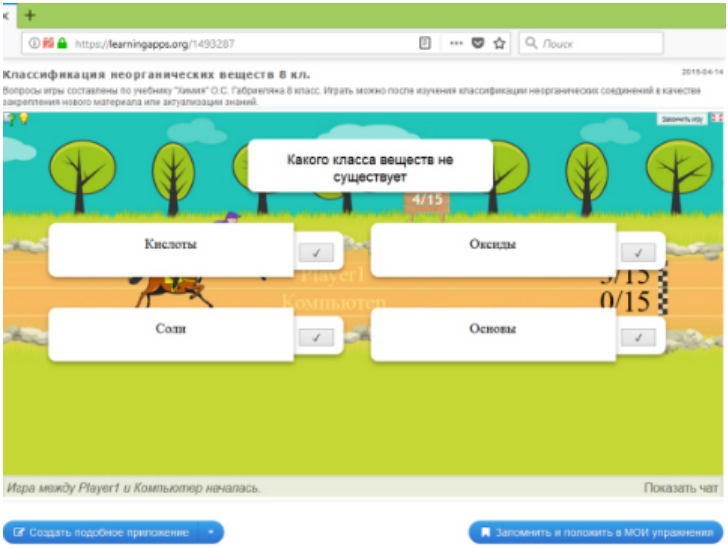


Рис. 1. Онлайн-игра «Скачки» по теме «Классификация неорганических веществ»

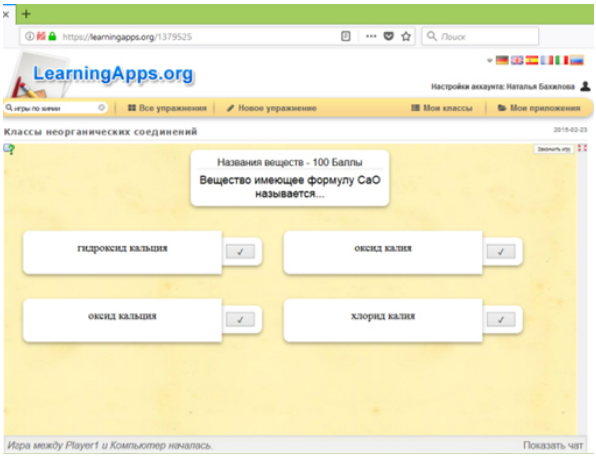


Рис. 2. Онлайн-игра «Викторина» по теме «Классификация неорганических соединений»

Используя ресурс LearningApps.org можно сделать различные задания на развитие памяти, внимания, на запоминание химических формул, классификацию веществ, установить соответствие за небольшой временной промежуток [2]. Такого рода задания, как: кроссворды (рис. 3), тесты (рис. 4), задания «найди пару», установить соответствие, игра «Виселица» (рис. 5) и т. д. способствуют в интерактивной форме повышению мотивации учащихся к предмету.

Рис. 3. Кроссворд по теме «Кислород»

Рис. 4. Тест по теме «Строение атома и Периодический закон»

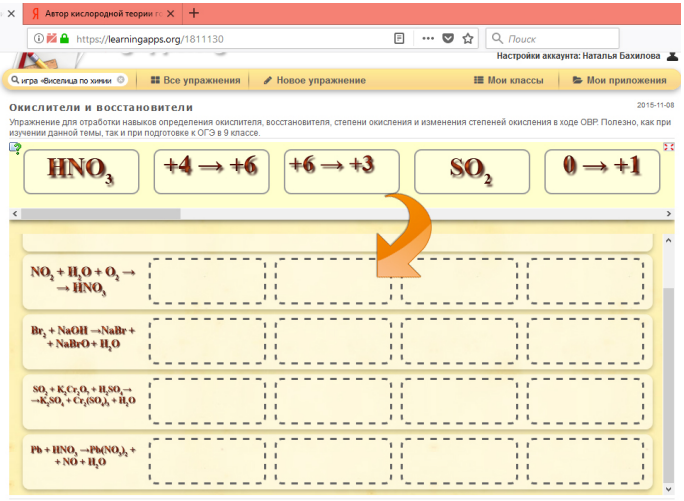


Рис. 5. Игра «Виселица» по теме «Окислители и восстановители»

Для того чтобы создавать различного рода задания, не требуется особых навыков как для учителя, так и для ученика, необходимо лишь иметь минимальные навыки работы с ИКТ. Упражнения создаются очень просто: сначала надо зарегистрироваться на сайте; выбрать тип упражнения, создать подобное приложение, сохранить приложение [2].

Такого рода сервисы дают возможность учителю создать интерактивную среду учебной деятельности, а процесс обучения сделать ярче и интереснее. Ученик получает возможность овладеть информационными технологиями, навыками самостоятельной работы, структурирует свои знания, получает мгновенный ответ на свои действия. Используя возможности данного сервиса, можно создавать свои классы и аккаунты для учеников (рис. 6). Разместив созданные упражнения в разделе «Приложения для моих классов», ученик сможет зайти в раздел «Моя классная комната», увидеть размещённое учителем задание и выполнить его.

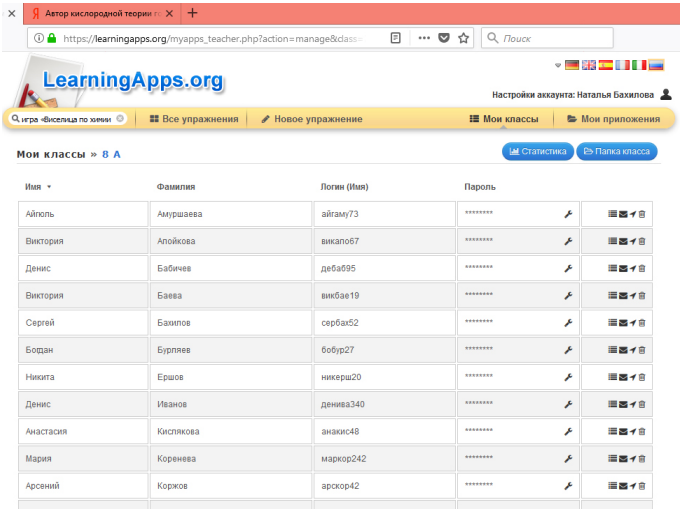


Рис. 6. Создание класса и аккаунтов для обучающихся на LearningApps.org

Заключение

Применение ресурса LearningApps.org в процессе обучения химии способствует: повышению учебной мотивации; улучшению процесса запоминания химических формул, созданию ситуации успеха; интеллектуальному творческому развитию школьников; повышению качества знаний; развитию навыков и умения информационно-поисковой деятельности; объективной оценке знания в более короткие сроки.

Рассмотренные положительные стороны мотивируют к работе с данным сервисом, но нам необходимо учесть, что полноценная работа с LearningApps.org возможна при наличии хорошего интернета и

достаточного количества оборудования. При подготовке к уроку нужно учесть возможные проблемы с соединением через интернет и предусмотреть запасные варианты работы. Учитывая данные недостатки в своей работе, я связываюсь с учащимися через электронную почту или социальные сети, где передаю им ссылку на задания. Дистанционная форма работы позволяет решить недостатки рассматриваемого сервиса.

Исходя из выше сказанного можно сделать вывод, что возможности сервиса LearningApps.org позволяют разносторонне и целенаправленно формировать у обучающихся универсальные учебные действия и более эффективно достигать планируемых результатов за счёт включения каждого обучающегося в познавательную, творческую деятельность.

Список литературы

1. Винницкий, Ю. А. Учимся – играя, или старый добрый LearningApps [Электронный ресурс] : Сообщество учителей Intel Education Galaxy. – Режим доступа: https://edugalaxy.intel.ru/index.php?automodule=blog&blogid=6885&showentry=5530

2. Сидоров, С. В. Возможности создания интерактивных модулей в обучающих приложениях LearningApps.org [Электронный ресурс]: Сайт педагога-исследователя. – Режим доступа: http://si-sv.com/blog/2013-08-02-48

Прогнозирование параметров объектов с помощью гибридных интеллектуальных систем в среде ППП MATLAB

М. А. Беляева, email: maribel2005@yandex.ru

Оренбургский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматривается задача прогнозирования параметров объектов с помощью гибридных интеллектуальных систем. Представлен пример реализации прогнозирования котировок акций с помощью нечеткой нейронной сети с генетической настройкой параметров в среде ППП MATLAB.*

Ключевые слова: *прогнозирование, нейронные сети, гибридные системы, генетическая оптимизация, нечеткий логический вывод, моделирование, котировки акций.*

Введение

Нейронные сети – это гибкий и мощный механизм прогнозирования. С помощью нейронных сетей можно выразить любую непрерывную функциональную зависимость на основе обучения нейронных сетей, без предварительной аналитической работы по выявлению правил зависимости выхода от входа.

В 1990-е годы XX века были разработаны различные варианты гибридных интеллектуальных систем. Гибридизация представляет собой интеграцию методов и технологий на глубинном, а не на внешнем уровне, когда различные блоки системы реализуют какой-то один метод решения интеллектуальных задач и взаимодействуют между собой. Так, гибридной интеллектуальной системой является нечеткая нейронная сеть, поскольку она обучается как традиционная нейронная сеть, но способна осуществить нечеткий логический вывод. Это представитель нового класса нейронных сетей.

Для освоения нейро-сетевого, нечетко-логического и гибридного моделирования в Оренбургском государственном университете изучаются дисциплины: «Основы теории нечетких множеств и нейро-сетевые модели», «Нечеткая логика и нейронные сети», «Нечеткие системы и эволюционные алгоритмы», «Нейро-сетевые системы управления».

Отличительной особенностью функционирования сложных технических и экономических объектов является наличие факторов неопределенности, связанных с неточностью, нечеткостью, неполнотой

© Беляева М. А., 2020

наших знаний и представлений о внешнем мире и характеристиках объекта. Одним из перспективных направлений в области создания систем управления и принятия решений в условиях неопределенности является построение гибридных интеллектуальных систем на основе методологии мягких вычислений [1].

Термин «мягкие вычисления» был предложен в 1994 г. профессором Калифорнийского университета (г. Беркли, США) Лотфи Заде и представляет собой технологию, в которой путем передачи данных взаимодействуют блоки нейронной сети, генетической оптимизации и нечеткого логического вывода.

В обоснование технологии мягких вычислений приводятся свойства мягкой интеллектуальной системы, которые обеспечиваются ее компонентами: управление неопределенностью, обучаемость, самоадаптация. Мягкие системы, такие как нечеткие нейронные сети с генетической настройкой параметров, демонстрируют взаимное усиление достоинств и нивелирование недостатков отдельных методов.

Технологии, образующие мягкие вычисления, в значительной степени дополняют друг друга, обеспечивая синергетический эффект, не конкурируя друг с другом. Главный принцип мягких вычислений – обеспечить терпимость к неточности, неопределенности и частичной истинности для достижения легкости обработки, нечувствительности к ошибкам, низкой стоимости решения и лучшего соответствия с реальностью внешнего мира.

В настоящее время существует большое количество программных продуктов, позволяющих реализовывать нейро-сетевые, нечетко-логические и гибридные структуры. Удобной программной средой изучения студентами нейро-сетевого и гибридного моделирования является среда Fuzzy Logic Toolbox и Neural Networks Toolbox пакета прикладных программ MATLAB. Пакеты расширения Fuzzy Logic Toolbox и Neural Networks Toolbox позволяют проектировать и исследовать нейро-сетевые и гибридные модели, создавать нейро-сетевые и гибридные системы управления.

Рассмотрим задачу прогнозирования котировок акций с помощью гибридной интеллектуальной системы, созданной в среде ППП MATLAB [2].

1. Экономико-математическая модель задачи прогнозирования котировок акций

Крупный инвестор собирается приобрести акции Аэрофлота, при этом он преследует цель получить максимум прибыли при минимальном риске. Таким образом, необходимо предсказать значение котировок акций Аэрофлота на определенный момент в будущем для оценки

перспективности покупки и нахождения оптимального момента для совершения сделки купли-продажи акций с целью получения выгоды.

Необходимо учитывать, что приобретение ценных бумаг любой компании – рискованное мероприятие. И стоимость здесь будет зависеть от целого ряда факторов, и, прежде всего, от спроса и предложения в данной экономической ситуации.

При решении нашей задачи мы будем учитывать пятидневную историю, т.е. все изменения, которые происходили в течение предшествующей недели. Это вызвано особенностью нейронных систем. В табл. 1 представлены исходные данные для создания системы прогнозирования в MATLAB.

Таблица 1

Исходные данные для создания системы прогнозирования в MATLAB

Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Output
96,5	98,41	98,35	98,8	99,72	100,7
99,93	99,9	101,51	103,55	103,7	102,73
103,06	102,4	103,96	107,18	107,5	109,57
108,77	106,8	108,26	106,73	105,98	107,01
106,58	106,58	109,17	108,66	107,82	106,14
108,88	106,31	107,06	106,35	105,34	104,41
104,3	104	102,8	103,66	104,41	105,35
106,13	106,88	105,75	104,43	105,64	102,5
100,4	99,72	102,79	101,07	100,45	98,79
97,97	96,39	98,98	98,23	98,05	99,1
98,88	100,02	99,77	101,15	102,9	103,62
99,97	97,37	95	96,09	94,45	96,22
97,07	94,99	96,87	98,13	96,09	95,6

Таким образом, имеем пять входных переменных и одну выходную.

2. Моделирование гибридной интеллектуальной системы в среде MATLAB

Особенностью нейронных сетей является то, каким образом происходит обработка данных. При использовании стандартного алгоритма обратного распространения ошибки сеть «видит» и анализирует данные исходной матрицы рядами. Чтобы нейронная сеть смогла «увидеть» тренды, нужно представить данные таким образом, чтобы в каждой строке обучающей матрицы отражалась «история» временного ряда т.е. содержалась информация как о текущем наблюдении, так и о прошлых [3].

При решении нашей задачи мы будем учитывать пятидневную историю, т.е. все изменения, которые происходили в течение предшествующей недели. Здесь нужно заметить, что попытки рассматривать более длинную «историю» приводят к сокращению числа наблюдений в обучающей выборке и к одновременному неоправданному ее росту «вширь», что может отрицательно повлиять на способность сети к обучению. Рассмотрим этапы решения задачи.

Этап 1. Сохраним обучающую выборку, представленную в табл. 1, в отдельный файл с именем **Load.dat.** После этого с помощью команды **anfisedit** из командной строки MATLAB запускаем ANFIS-редактор и загружаем этот файл с помощью кнопки Load data (рис. 1).

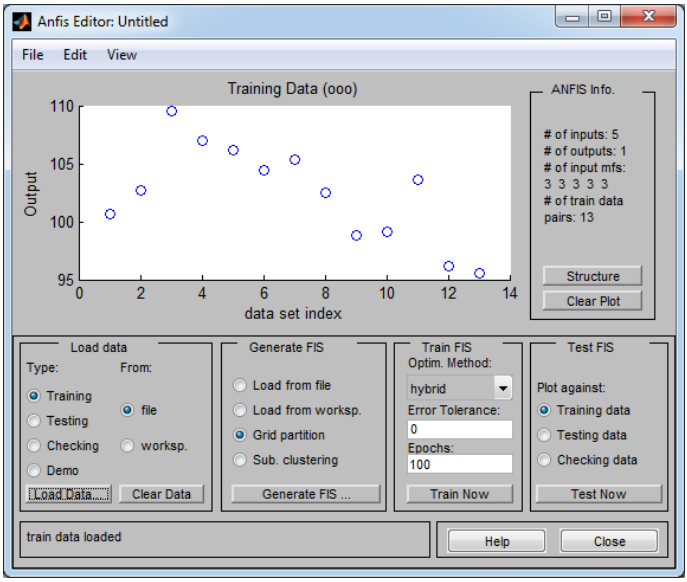


Рис. 1. Загрузка исходных данных

Этап 2. Сгенерируем систему нечеткого вывода типа Суджено нажатием кнопки **Generate FIS…** В появившемся окне зададим для каждой входной переменной по три функции принадлежности типа **gaussmf**. Выбор функции принадлежности здесь обусловлен тем, что мы предполгаем нормальное распределение для случайной величины курса акций, которое как раз определяется гауссовской функцией по теории вероятности. Для выходной переменной зададим функцию принадлежности const.

Этап 3. Для обучения гибридной сети выберем метод hybrid (гибридный метод, объединяющий метод обратного распространения ошибки с методом наименьших квадратов) с уровнем ошибки 0 и количеством циклов 100. Запустим обучение гибридной сети нажатием кнопки Train Now.

Как можно видеть из рис. 2, по результатам обучения средняя ошибка составляет всего лишь приблизительно 0,0006305.

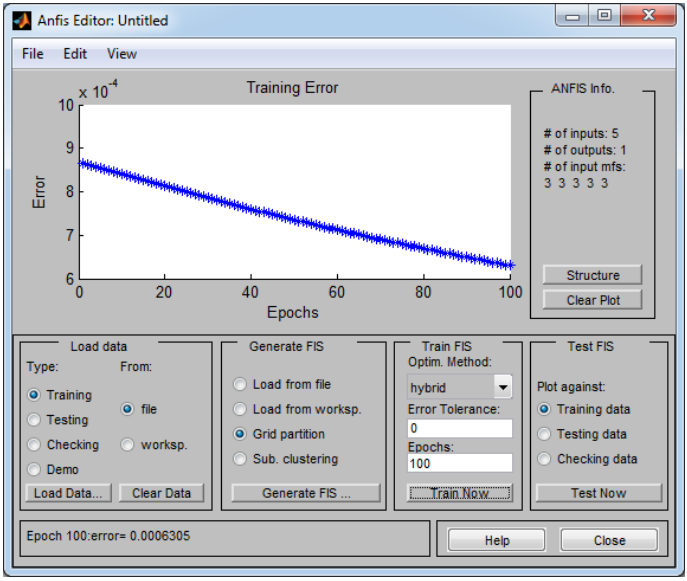


Рис. 2. Результат обучения гибридной сети

Этап 4. После обучения гибридной сети можно посмотреть (рис. 3) структуру построенной нечеткой модели (Кнопка Structure в окне, предоставленном на рис. 1).

Этап 5. Протестируем систему нечёткого вывода сначала на обучающей выборке. Для этого загрузим исходные данные с помощью кнопки Load Data предварительно установив флажок на Testing в поле Load Data. Для начала тестирования необходимо нажать на кнопку Test Now предварительно установив флажок на Testing Data.

Этап 6. Теперь протестируем полученную систему на последних известных значениях курса акций. Сформируем данные в файл Prov.dat. Тестирующая выборка отражена в табл. 2.

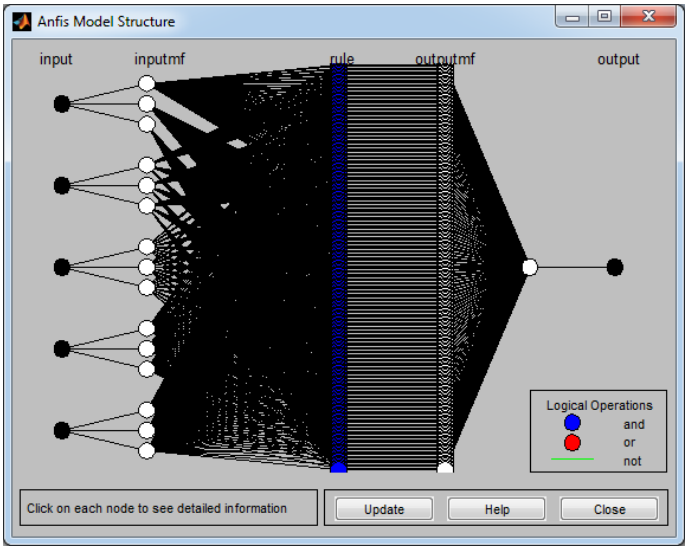


Рис. 3. Структура модели гибридной системы

Таблица 2

Тестирующая выборка

Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Output
108,88	106,31	107,06	106,35	105,34	104,41
104,3	104	102,8	103,66	104,41	105,35
106,13	106,88	105,75	104,43	105,64	102,5
100,4	99,72	102,79	101,07	100,45	98,79
97,97	96,39	98,98	98,23	98,05	99,1
98,88	100,02	99,77	101,15	102,9	103,62
99,97	97,37	95	96,09	94,45	96,22
97,07	94,99	96,87	98,13	96,09	95,6

Теперь загружаем эту выборку в режиме тестирования в Anfis-редактор.

Средняя ошибка при тестировании составляет 0,0062863 руб. в расчете на одну акцию.

Этап 7. Теперь, зная результаты продажи акций до 29 ноября 2018г., спрогнозируем курс акций Аэрофлота на 30 ноября 2018г. (View->Rules). Для этого зададим вектор исходных цен до 29 ноября включительно в поле Input (рис. 4).

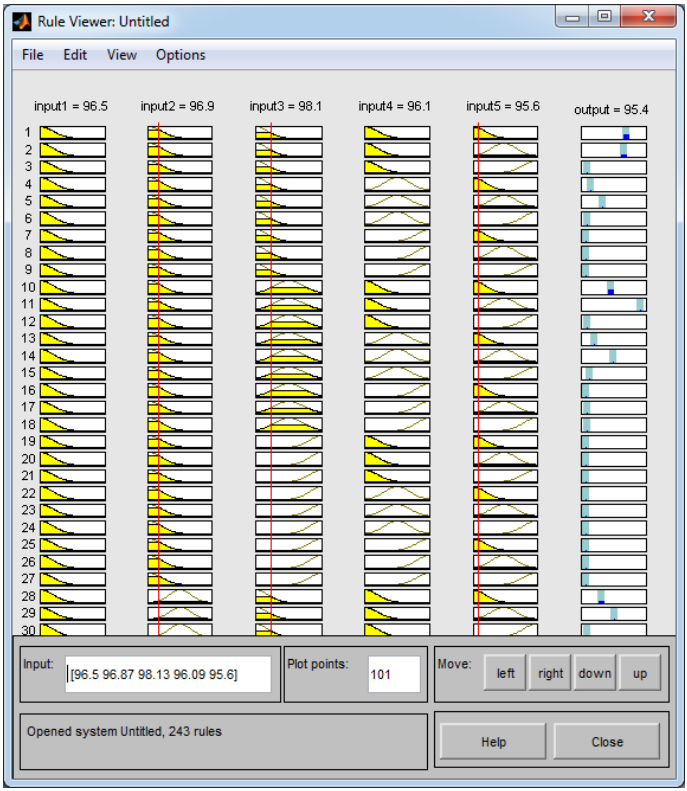


Рис. 4. Прогноз котировок акций Аэрофлота

Стоимость акций на 30 ноября 2018г., исходя из прогноза, составит 95.4 $ USD. На самом деле по данным торгов на ММВБ курс открытия акций на 30 ноября 2018 составил 95 $ USD.

Заключение

В результате решения задачи нечеткие нейронные сети с генетической настройкой параметров системы показали достаточно близкий к реальному результат прогнозирования. Средняя ошибка при тестировании составляет 0,0062863 руб. в расчете на одну акцию.

Рассмотренные гибридные системы демонстрируют взаимное усиление достоинств и уменьшение недостатков отдельных методов. Представление знаний в нейронных сетях в виде матриц весов не позволяет объяснить результаты проведенного прогнозирования. В тоже время в нечетких системах вывода на базе нечетких правил результаты

воспринимаются как ответы на вопросы о зависимостях входных и выходных значений параметров системы. В нейронных сетях трудоемкое извлечение знаний заменяется сбором, достаточным по объему обучающей выборки. Рассмотренные гибридные системы составляют основное содержание вычислительного интеллекта.

С использованием пакетов расширения Fuzzy Logic Toolbox и Neural Networks Toolbox ППП MATLAB можно осуществлять решение следующих экономических задач в условиях неопределенности: прогнозирование цен на товары, прогнозирование котировок акций по результатам торгов, определение финансовой устойчивости предприятия, определение кредитоспособности клиента банка, прогнозирование потребительского спроса и другие экономические задачи.

Список литературы

1. Беляева, М. А. Разработка интегрированной системы поддержки принятия решений по управлению проектами в условиях неопределенности / М. А. Беляева, О. В. Буреш, Т. Н. Шаталова // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург, 2011. – № 13. – С. 43-48.

2. Беляева, М. А. Прогнозирование объемов продаж товаров на основе нечеткой адаптивной системы / М. А. Беляева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: сб. тр. Участников Всероссийской научно-методической конференц. (Оренбург, 2017 г.). – Оренбург, 2017. – С. 2156-2159.

3. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с пол. И. Д. Рудинского. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2008. – 383 с.

Электронный языковой портфель как технология оценки личностных и метапредметных результатов в ходе подготовки к устной части ГИА по русскому и английскому языкам

В. В. Болгова, email: viktbolgova@yandex.ru
И. Е. Боровкова, email: borovkova1983@list.ru

МБОУ Бобровская СОШ № 1

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы формирования и оценивания метапредметных и личностных результатов у обучающихся в ходе их подготовки к сдаче устной части ГИА как по русскому, так и по английскому языкам. Главная цель использования данной технологии в учебном процессе – формирование у обучающихся необходимых навыков рефлексии, самонаблюдения, самооценки, формирует умения адекватно оценивать собственные достижения и возможности, делать необходимые выводы относительно собственного самосовершенствования. Анализ «Электронного языкового портфеля», заполненного школьником, даёт возможность учителю в дальнейшем организовывать индивидуальную работу с учеником, постепенно повышая уровень сложности материала и степень самостоятельности ученика в выполнении задания.*

Ключевые слова: *подготовка к устной части ГИА; оценка метапредметных и личностных результатов; электронный языковой портфель.*

Введение

Исходя из стратегических задач Президента, которые он озвучил в своем майском выступлении, одним из приоритетных проектов в сфере образования является «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации». И уже во время августовского совещания руководитель департамента образования и молодежной политики Воронежской области Олег Николаевич Мосолов выделил важность создания регионального проекта «Цифровая школа» в рамках Национального проекта в сфере образования.

© Болгова В. В., Боровкова И. Е., 2020

Рис. 1. Региональный контур федерального проекта «Цифровая школа»

В его концепт входит инновационная проработка механизмов внедрения технологий виртуальной и дополненной реальности, в том числе облачные технологи [1].

1. Что же такое ЭЯП?

Взяв за основу данный проект, мы с коллегой, учителем русского языка и литературы, создали «Электронный языковой портфель». У Вас может возникнуть вопрос: почему русский язык и английский? Не секрет, что сейчас без знания английского языка трудно ориентироваться в жизни. И обучающиеся все чаще выбирают его для сдачи на ГИА. Но изучать иностранный без знания родного очень сложно, тем более, что с 2018 года введена устная часть в 9 классе. И перед учителями-лингвистами стоит трудная задача: подготовить обучающегося не только к сдаче устной части по русскому языку, но и подготовить к устной части по английскому. Теперь учителям данных предметов необходимо сотрудничать. Им нужно двигаться в одном направлении. Как это сделать? Не всегда мы можем провести интегрированные уроки. Но проследить результативность ребенка и класса в целом может любой учитель при помощи ЭЯП.

«Электронный языковой портфель» – это сравнительно новая технология, которая способствует формированию у обучающихся необходимых навыков рефлексии, самонаблюдения, самооценки, формирует умения адекватно оценивать собственные достижения и

возможности, делать необходимые выводы относительно собственного самосовершенствования. Главное направление этой личностно-ориентированной технологии – формирование и развитие интеллектуальных и речевых умений обучающегося, его нравственного развития, формирования критического и творческого мышления, интеллектуального развития [2].

2. Принципы работы с ЭЯП

Характер работы с языковым портфелем основывается на самостоятельной инициативе учащегося. При этом учащийся профилирует свою учебную деятельность определенным образом и составляет профиль своих потребностей в изучении иностранного языка. В качестве показателя продуктивной учебной деятельности в процессе работы с языковым портфелем следует также рассмотреть такую особенность данной учебной ситуации, как взаимодействие с товарищами по учебной группе.

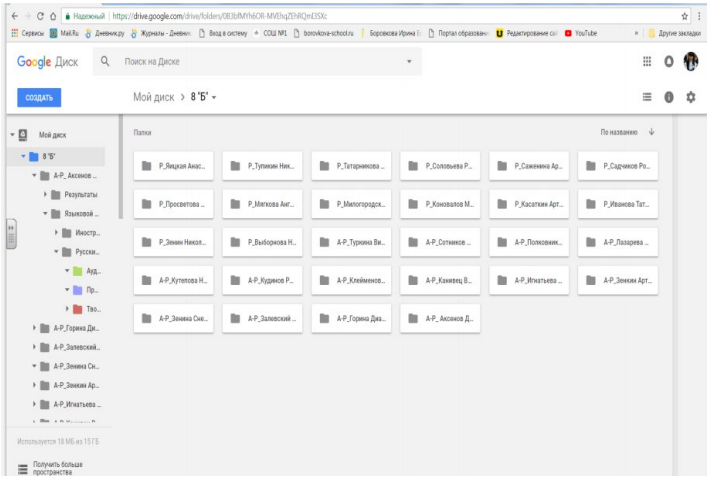


Рис. 2. Электронный языковой портфель для одного класса по двум предметам

«Электронный языковой портфель» включает в себя: проекты, творческие работы, любимые песни, стихи, сценарии праздников и т.п. (рис. 3).

Создание портфеля в электронном виде позволяет:

– представить работы обучающихся в более полном и наглядном виде за счет использования различных форматов – текстового, аудио, графического, видео;

– хранить, редактировать и демонстрировать работы обучающихся;

– обеспечить оперативный доступ, в том числе и дистанционный, к материалам электронного портфеля.

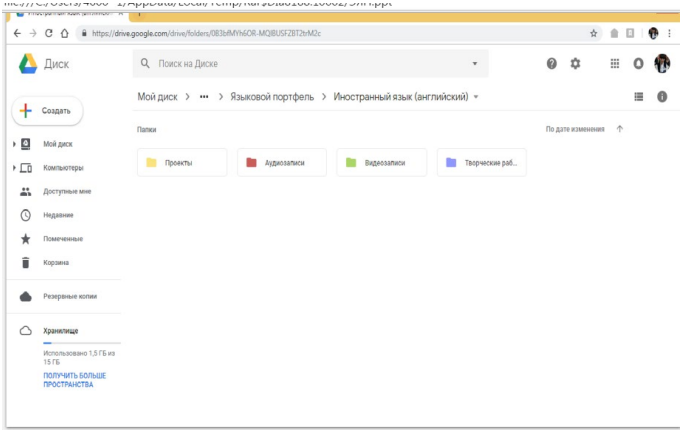


Рис. 3. Содержание «Электронного языкового портфеля»

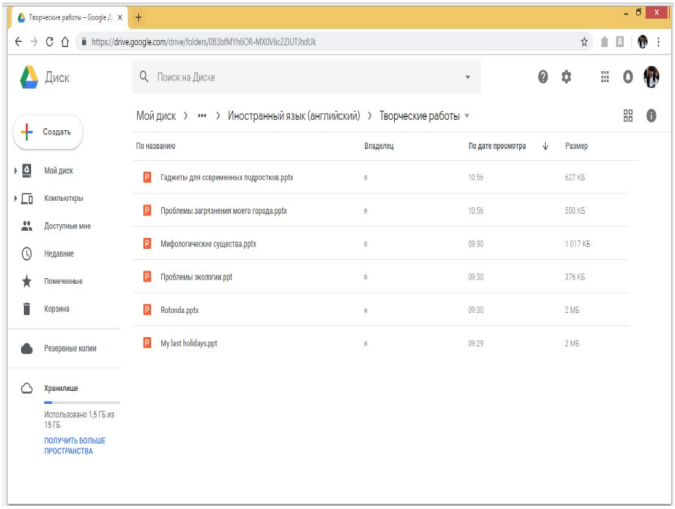


Рис. 4. Работы обучающихся в ЭЯП

3. Для чего нужен ЭЯП

Основное назначение «Электронного языкового портфеля» – служить приёмом отслеживания развития у школьника регулятивных УУД [3], а также образовательных приращений. Личностные приращения могут заключаться в овладении каким-либо умением, углублении его за счёт работы с более сложным языковым материалом. Систематический анализ таких приращений, недоработок помогает ребёнку осознать КПД собственной учебно-познавательной деятельности, определить собственные пробелы и, может быть, даже наметить с помощью учителя шаги по их устранению [4].

1 четверть

Русский язык						Иностранный язык (английский)						Средняя оценка
вид деятельности	дата	задание	комментарий учителя	оценка одноклассника	оценка учителя	вид деятельности	дата	задание	комментарий учителя	оценка одноклассника	оценка учителя	
аудирование	15.09	Описание памятника архитектуры	Много повторов	4	4	аудирование	19.09	Диалог	грамматические ошибки, менее 10 фраз	4	4	4
	7.10	Выступление	Нет четкого разделения на микротемы	4	4		13.10	Монолог	Повторы	4	4	4
проекты						проекты	22.09	Межличностные взаимоотношения		5	5	5
							20.10	Проблемы экологии нашего города		5	5	5
творческие работы	11.10	Цитатный план	лишняя информация	5	4	творческие работы	3.10	Сочинение	грамматические ошибки	4	4	4
Итого за четверть				4	4	Итого за четверть				4	4	4

Рис. 5. Сводная ведомость оценок по двум предметам в ЭЯП

Учитель, анализируя самооценку обучающегося, планирует индивидуальную работу, направленную на повышение уровня знаний и умений. Такая работа формирует рефлексивные знания и умения школьника, без которых трудно представить сегодня субъект учения. Таким образом, анализ «Электронного языкового портфеля», заполненного школьником, даёт возможность учителю в дальнейшем организовывать индивидуальную работу с учеником, постепенно повышая уровень сложности материала и степень самостоятельности ученика в выполнении задания.

Заключение

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы.

– Создание «Электронного языкового портфеля» – на сегодняшний день необходимое условие успешной подготовки к экзаменам в устной форме.

– Работа над его созданием повышает мотивацию обучающегося к изучению языка.

– «Электронный языковой портфель» позволяет вывести на новый уровень самостоятельную работу обучающихся.

Список литературы

1. Беркалиев, Т. Н. Инновации и качество школьного образования: научно-методическое пособие для педагогов инновационных школ / Т. Н. Беркалиев, Е. С. Заир-Бек, А. П. Тряпицына. – Санкт-Петербург : КАРО, 2007. – 136 с.

2. Кудрявцева, Е. Ю. Использование языкового портфеля в изучении английского языка как второго иностранного / Е. Ю. Кудрявцева // Иностранные языки в школе. – 2007. – № 7. – С. 22-26.

3. Лабазина, Л. Н. Европейский языковой портфель – средство оценки и самооценки знаний учащихся по иностранным языкам / Л. Н. Лабазина // Ярославский педагогический вестник. – 2003. – № 2(35). – С. 120-122.

4. Поляков, О. Г. Самоконтроль в обучении английскому языку / О. Г. Поляков // Иностранные языки в школе. – 2005. – № 7. – С. 48-52.

Интерактивные приложения как средство раскрытия творческого потенциала обучающихся

О. А. Валуйская, email: olgavalujskaya@yandex.ru
Н. Ю. Лепилина, email: lepilinanataly@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *В статье рассмотрены приемы применения интерактивных приложений, позволяющих подготовить и провести внеурочные интегрированные мероприятия более интересно и эффективно. IT-технологии дополнительно мотивируют обучающихся к получению новых знаний, раскрывают творческий потенциал.*

Ключевые слова: *информационные технологии, средство обучения, интерактивные приложения, творческий потенциал, триггеры, анимация в произвольном порядке, процедура оценивания.*

Введение

Следует признать, что в XXI веке информационные технологии являются универсальным средством обучения, которое дает необозримые возможности для решения широкого спектра образовательных и воспитательных задач. Для этого успешно применяются такие современные устройства как: компьютер, интерактивная доска, документ-камера, индивидуальные беспроводные планшеты и т. д. Различные опции, предусмотренные в подобной технике, помогают сделать процессы образования и воспитания с большей эффективностью [1, 2]. Электронные ресурсы и интерактивные приложения позволяют не только разнообразить урок или внеурочное мероприятие, но и способствуют созданию условий для раскрытия творческого потенциала обучающихся на любой ступени обучения.

1. Применение интерактивных приложений

Более подробно следует остановиться на особенностях применения некоторых интерактивных элементов и приложений для создания мультимедиа подложки к внеурочным мероприятиям интегрированного характера.

Рассмотрим несколько фрагментов подобных мероприятий, выполненных в универсальной программе Microsoft Office PowerPoint.

© Валуйская О. А., Лепилина Н. Ю., 2020

При создании интерактивной презентации для внеурочного мероприятия «Естествознание в творчестве А. С. Пушкина» (5-7 классы) традиционно используем поэтапную анимацию для появления вопросов и ответов, картинок, иллюстрирующих тот или иной текст. Если нужно акцентировать внимание на каком-либо из объектов и не перегружать слайд информацией, то можно применить эффект выхода объекта. Вставка аудиофайлов оказывает сильное эмоциональное воздействие, видеофрагменты наиболее ярко демонстрируют характер персонажей. Перо, воспроизводящее текст, включает эффект анимации перемещения с нарисованным пользовательским путем. Этот прием создает особую атмосферу, погружает учащихся в эпоху творения А.С. Пушкина (рис. 1).

Рис. 1. Слайд внеурочного мероприятия «Естествознание в творчестве А. С. Пушкина»

Презентация для интегрированного мероприятия «Сядем мы на звездолет и отправимся в полет» (2-4 классы) также интерактивна и имеет слайды с анимированным игровым интерфейсом. Поскольку знакомство с космосом происходит во время движения звездолета, то предусмотрен анимационный эффект его перемещения с нарисованным пользовательским путем по звездной карте. Летательный аппарат движется от одной точки комического пространства к другой, в каждой из которых вставлена гиперссылка. При переходе по ссылке попадаем на

слайд с вопросом, формулируя правильный ответ, снова по ссылке попадаем на интерактивную карту, на которой появляется отгаданный объект. В результате на карте звездного неба в определенной последовательности появятся такие объекты как: планеты, спутники, Солнечная система, метеориты, кометы, астероиды, Галактика «Млечный путь».

Если в мероприятии принимают участие несколько команд, то возникает необходимость жеребьевки команд. Для этого удобно применять триггеры, вставка которых анимирует различные объекты в произвольном порядке. Например, на слайде появляются кубики, представители команд выбирают кубик определенного цвета, при клике по нему появляется цифра, указывающего номер команды.

В подобных мероприятиях важную роль играет процедура оценивания (рис. 2), поэтому встроенные триггеры в различные объекты позволяют это сделать быстро и удобно, демонстрируя счет всем участникам мероприятия.

Рис. 2. Слайд со встроенной опцией счета команд

Заключение

Отметим, что IT-технологии имеют не только большое значение для создания презентаций с интерактивными приложениями, но и позволяют удерживать внимание учащихся, дополнительно мотивируют к изучению различных предметов, способствует раскрытию творческого потенциала всех участников образовательного и воспитательного процесса.

Список литературы

1. Валуйская, О. А. ИКТ-поддержка проектной и исследовательской деятельности учащихся / О. А. Валуйская // Всероссийский съезд учителей физики в МГУ. Труды. – М.: МГУ. – 2011. – с. 186-188.

2. Теоретические основы создания образовательных электронных изданий / Беляев М. И., Вымятнин В. М., Григорьев С. Г. и др. Томск: Изд-во Томс. ун-та, 2002. – 86 с.

Модификация и исследование обучающей программы по ГОСТ Р 34.12–2015

Б. Н. Воронков, email: vrnkv@mail.ru
К. И. Сафронич

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Проведено тестирование, ранее разработанной, обучающей компьютерной программы «OPSKuz». На основе выявленных ошибок и недочётов, реализована модификация программы с целью её улучшения для использования при изучении Российских стандартов шифрования.*

Ключевые слова: *криптографические стандарты, обучающие программы, подстановочно-перестановочная сеть.*

Введение

С 1 января 2016 года в России начали действовать новые национальные стандарты: ГОСТ Р 34.12−2015 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры» и ГОСТ Р 34.13−2015 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Режимы работы блочных шифров», разработанные Центром защиты информации и специальной связи ФСБ России при участии Открытого акционерного общества «Информационные технологии и коммуникационные системы (ОАО «ИнфоТеКС»). В 2018 году было принято решение о принятии этих стандартов в качестве межгосударственных для Армении, Киргизии, России и Таджикистана.

Известны публикации [1–3], посвящённые реализации и анализу одного из перспективных российских стандартов шифрования, под названием «Кузнечик». Однако в открытом доступе нет сведений о компьютерных программах (кроме [4]), предназначенных для изучения основных положений, свойств и особенностей алгоритма «Кузнечик».

1. Краткое описание алгоритма «Кузнечик»

Блочный шифр является важным криптографическим примитивом, который может использоваться как самостоятельный криптографический алгоритм, так и входить в состав других криптографических алгоритмов и протоколов и может быть применён для защиты данных, передаваемых по сетям закрытой связи или

© Воронков Б. Н., Сафронич К. И., 2020

глобальной сети «Интернет». Кроме обеспечения конфиденциальности (шифрования) основных объёмов информации, передаваемых по телекоммуникационным каналам или хранимых локально, криптографические примитивы применяются как конструктивный элемент других примитивов (функций хэширования, имитозащиты, кодов аутентификации сообщений, алгоритмов электронной подписи, генераторов псевдослучайных последовательностей). Значение этого криптографического преобразования подчёркивает и ряд международных конкурсов, таких как AES (Advanced Encryption Standard – США, 1997 год), NESSIE (New European Schemes for Signatures, Integrity, and Encryptions – Европа, 2000 год), CRYPTREC (Cryptography Research and Evaluation Committees – Япония, 2000 год), которые были ориентированы на разработку блочного шифра (как основной цели или в составе набора перспективных решений). Сегодня существует несколько моделей шифров – алгебраические и вероятностные, замены и перестановки. Есть различные классификации шифров, но чаще всего выделяют шифры, построенные с использованием ячеек Фейстеля (DES, DEAL, LOKI97, RC6, Twofish, MARS, ГОСТ – 28147-89), и шифры, которые построены на чередовании процедур перестановок и подстановок (SPN–структуры, Substitution Permutation Network) (Square, AES/Rijndael (FIPS–197), SAFER+, Serper, CRYPTON). Блочный шифр «Кузнечик» представляет собой симметричный алгоритм блочного шифрования с размером блока 128 бит и длиной ключа 256 бит [5–7]. Данный шифр построен не на сети Фейстеля, а на, так называемой, SP-сети (Substitution-Permutation network – подстановочно-перестановочная сеть). Это преобразование, которое состоит из нескольких одинаковых раундов, где каждый раунд включает линейное и нелинейное преобразование плюс операцию наложения ключа. В SP-сети преобразуется весь входной блок, а не половина, как в сети Фейстеля. Из особенностей алгоритма «Кузнечик» можно выделить, то, что генерация раундовых ключей из мастер-ключа основана на сети Фейстеля, где в качестве генератора использовано раундовое преобразование исходного алгоритма, а также то, что линейное преобразование можно реализовать сдвиговым регистром.

2. Тестирование обучающей программы

Программа «OPSKuz» имеет три режима работы: «Обучение», «Шифрование / Расшифрование», «О программе», но режим «Шифрование / Расшифрование» реализован лишь частично (рис. 1).

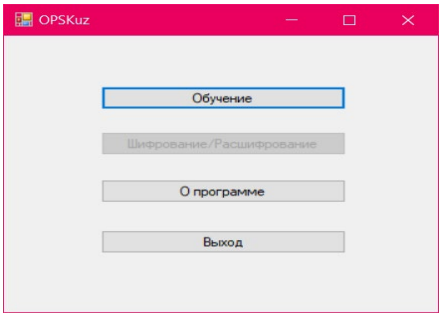


Рис. 1. Стартовое окно приложения

Запустим программу в режиме обучения. В качестве входных данных возьмём следующие значения открытого текста – АлгоритмКузнечик, и ключа шифрования – КарандашКарандашКарандашКарандаш, которые автоматически преобразуются в шестнадцатиричный код (рис. 2).

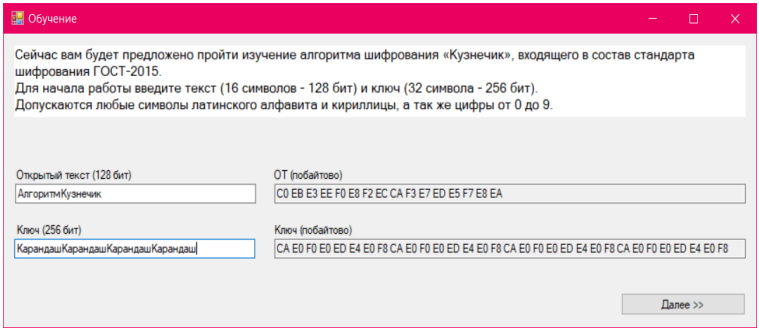


Рис. 2. Входные данные

В ходе обучения были выявлены следующие недочёты:

1. Если на первом шаге ввести 9 символов, то после 8-го автоматически добавится пробел, но курсор остаётся на позиции после пробела, то есть перед введённым девятым и дальнейший ввод символов будет сдвинут на единицу (рис. 3), что в дальнейшем приводит к ошибке разбиения мастер-ключа.

2. Ранее, до седьмого шага, при вводе букв вместо цифр программа сообщала, что был введён недопустимый символ (рис. 4) и не давала возможности продолжить, но на шаге номер 7, при вводе

произвольного символа, появляется системное сообщение о том, что введённая строка имела неверный формат (рис. 5).

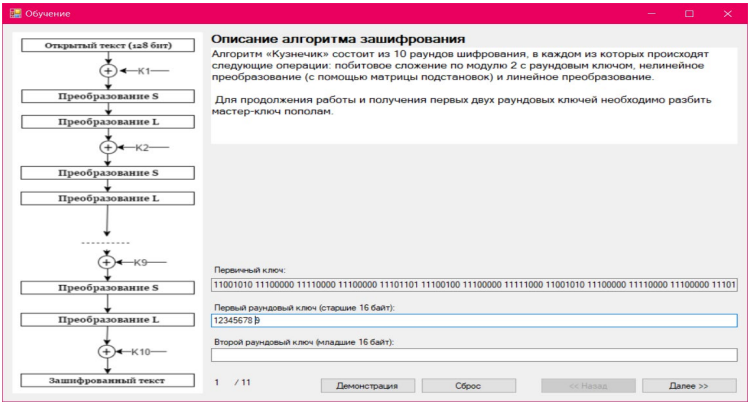


Рис. 3. Демонстрация ошибки

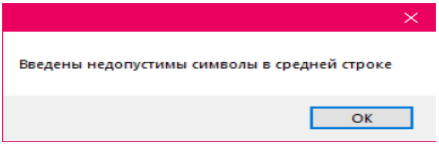


Рис. 4. Демонстрация ошибки

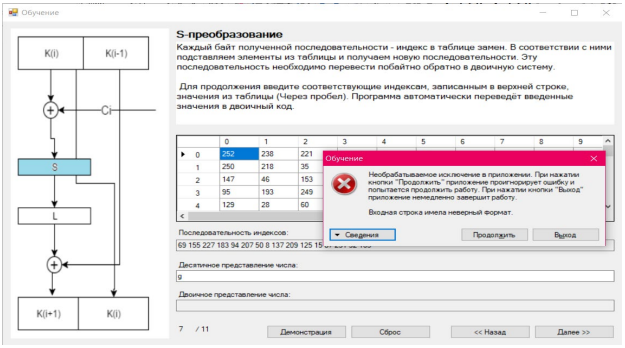


Рис. 5. Демонстрация ошибки

3. При возврате с 8 шага на предыдущий – седьмой, в строке «десятичное представление числа» будет показана двоичная последовательность вместо десятичной (рис. 6). При этом если ничего

не менять и нажать «Далее», то программа перейдёт на следующий шаг. При вводе букв также появляется сообщение, как и на рис. 5.

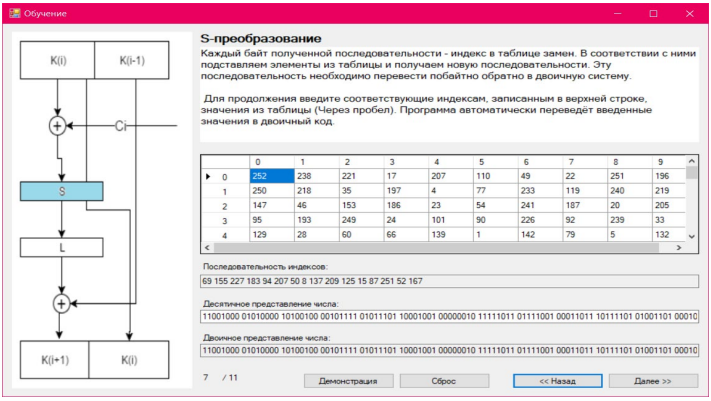


Рис. 6. Демонстрация ошибки

4. На шаге 8 результат побитового сложения нажатием на кнопку «Демонстрация» не соответствует введённым данным ключа и полученной последовательности (рис. 7). То есть в одном случае сложение по модулю 2 единицы с нулём даёт в результате 1, а в другом 0.

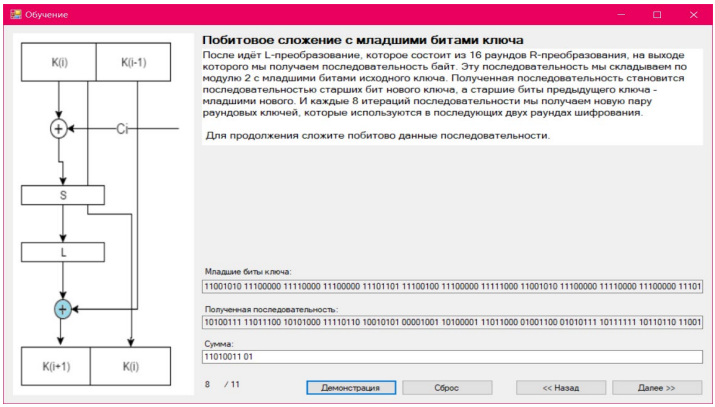


Рис. 7. Демонстрация ошибки

5. При возврате с шага 11 на шаг 10, поле десятичного представления будет пустым, но двоичное будет заполнено вместо введённой ранее десятичной последовательности (рис. 8).

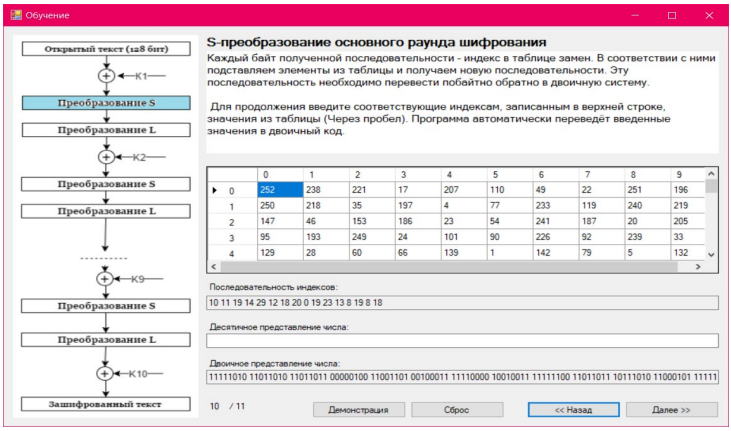


Рис. 8. Демонстрация ошибки

6. Если случайно закрыть окно результатов, то, при попытке открыть его повторно, появляется сообщение «Длина выходного значения должна быть 128 бит» (рис. 9).

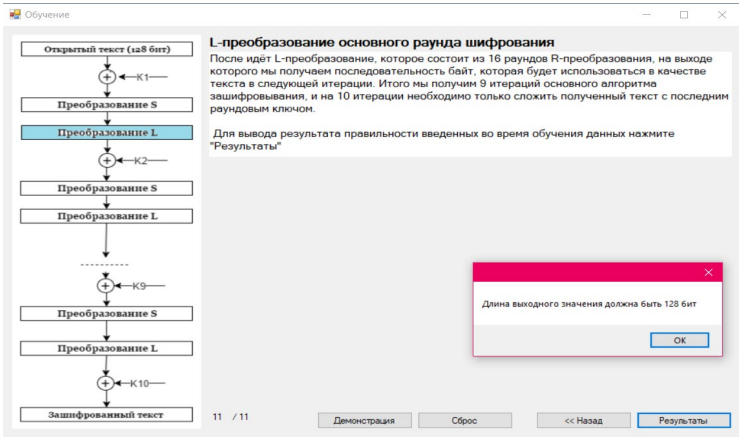


Рис. 9. Демонстрация ошибки

7. Если на шаге 8 сначала воспользоваться демонстрацией, а потом просуммировать по модулю два последовательность с ключом, то в итоге получим суммарно 35 неверных бит или 27% (рис. 10). А если изначально сложить самостоятельно, то процент ошибки увеличится

(рис. 11). Следовательно, либо отображается неверный ключ, либо расчёт точного значения для демонстрации не верен.

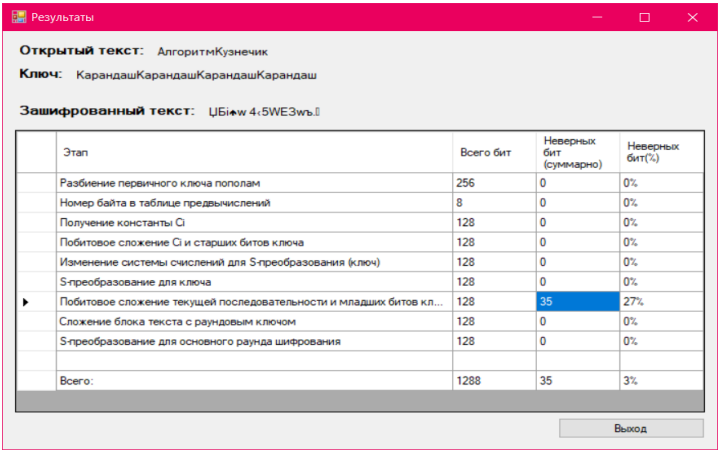


Рис. 10. Демонстрация ошибки

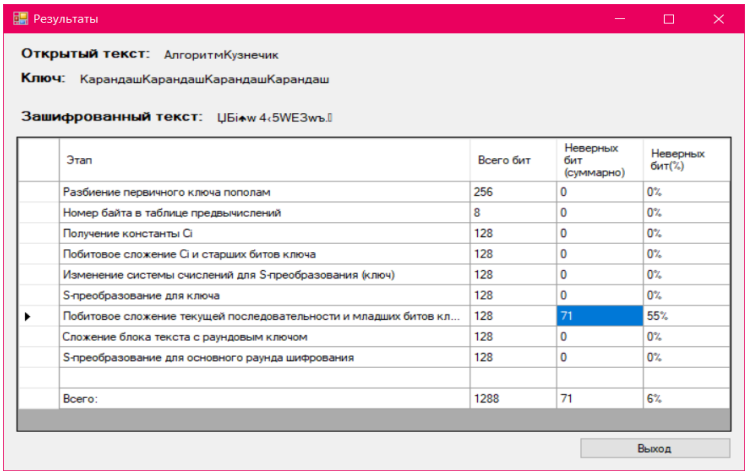


Рис. 11. Демонстрация ошибки

8. Разворачивание окна программы на весь экран не масштабирует его, а прижимает к левому верхнему углу.

9. В шагах, включающих в себя подсчёты с двоичными числами, текущие разряды для сложения не подсвечены, а сами слагаемые

разнесены вертикально далеко друг от друга, что крайне неудобно и вызывает проблемы у пользователей со зрением ниже единицы.

10. Если пользователь успешно прошёл обучение, то ему не нужно больше возвращаться на окно обучения. Но при нажатии кнопки «выход из окна результатов», программа возвращается на форму обучения, а по логике должна закрываться вместе с окном результатов.

11. Отсутствует возможность возврата к окну результатов.

12. Нет указания, какой шаг обучения проходится.

13. Программа открывается не по центру экрана.

Заключение

В результате исследования, выявленные ошибки и недочёты обучающей компьютерной программы «OPSKuz» исправлены. Реализован и проверен на контрольных примерах, приведённых в стандарте ГОСТ Р 34.12–2015, режим «Шифрование / Расшифрование».

Работоспособность и эффективность модифицированной обучающей программы подтверждена в ходе выполнения лабораторной работы магистрантами 2-го курса факультета прикладной математики, информатики и механики по курсу «Математические методы в криптографии».

Список литературы

1. Ищукова, Е. А. Разработка и реализация высокоскоростного шифрования данных с использованием алгоритма Кузнечик / Е. А. Ищукова, Р. А. Кошуцкий, Л. К. Бабенко // Auditorium: электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2015. – № 4(08). – С. 80-88. – Режим доступа : https://api-mag.kursksu.ru/media/pdf/008-011.pdf

2. Бондаренко, А. ГОСТ Р 34.12–2015: чего ожидать от нового стандарта? / А. Бондаренко, Г. Маршалко, В. Шишкин // Information Security / Информационная безопасность. – 2015. – № 4. – С. 48-50. – Режим доступа : http://www.itsec.ru/articles2/crypto/gost-r-chego-ozhidat-ot-novogo-standarta

3. Программная реализация криптографического преобразования базовых блочных шифров, определённых стандартом ГОСТ Р 34.12–2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.tc26.ru/standard/gost/PR_GOSTR_bch_v6.zip

4. Воронков, Б. Н. Приложение для изучения криптостандарта «Кузнечик» / Б. Н. Воронков, Н. Ю. Варфоломеев // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: материалы международной научно-технической конференции, г.

Воронеж, 18-20 декабря 2017 г. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2017. – С. 1428-1434.

5. ГОСТ Р 34.12-2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. / Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 21 с.

6. Российские криптографические стандарты: функции хэширования, блочные шифры и режимы их работы: [Презентация]. / В. Рудской. – Режим доступа : https://events.yandex.ru/lib/talks/2973/

7. Сайт технического комитета по стандартизации «Криптографическая защита информации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.tc26.ru

Криптографическая система Шнорра. Лабораторная работа

Б. Н. Воронков, email: vmkv@mail.ru
А. И. Сомов
Д. А. Татаринов

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены криптосхема и криптопротокол удалённой аутентификации, запатентованные в 1991 года Клаусом Шнорром. Сформулированы задание и контрольные вопросы к лабораторной работе. Разработано приложение, реализующее протокол Шнорра.*

Ключевые слова: *криптографические протоколы, нулевое разглашение знания, проблема дискретного логарифмирования.*

Введение

Схема аутентификации и цифровой подписи К. П. Шнорра [1] – одна из наиболее эффективных и теоретически обоснованных криптографических схем проверки и подтверждения подлинности и целостности чего-либо. Схема Шнорра включает в себя криптопротокол с нулевым разглашением знания и протокол цифровой подписи. Безопасность схемы базируется на трудности решения задачи дискретного логарифмирования для натуральных чисел, длиной в сто и более десятичных разрядов. Данная схема является модификацией и альтернативой схемам Эль Гамаля [2] и Фиата-Шамира [3], но имеет меньший размер цифровой подписи.

1. Задание к лабораторной работе

1. Изучить и привести описание схемы и криптографического протокола К. П. Шнорра.
2. Обосновать безопасность схемы удалённой аутентификации.
3. Разработать приложение, реализующее протокол Шнорра.
4. Сформулировать и обосновать принципы работы криптопротокола Шнорра.
5. Провести тестирование приложения с целью проверки работоспособности, а также выявления ошибок и недочётов.
6. Ответить на контрольные вопросы.
7. Составить и защитить отчёт по лабораторной работе.

© Воронков Б. Н., Сомов А. И., Татаринов Д. А., 2020

2. Описание схемы и протокола Шнорра

Под схемой понимают описание и обоснование некоторой идеи (например, идеи нулевого разглашения информации или идеи разделения секрета), а под протоколом – формализованную последовательность действий абонентов, то есть непосредственно алгоритм взаимодействия сторон обмена информацией [4]. Криптографический протокол, в основе которого обязательно лежит какая-либо криптографическая идея, решает, по крайней мере, одну из четырёх задач криптографии – обеспечение конфиденциальности, целостности, доступности, неотслеживаемости.

Протокол Шнорра – протокол доказательства с нулевым разглашением секрета, стойкость которого базируется на проблеме дискретного логарифмирования, то есть нахождении неизвестного натурального числа x в сравнении $a^x \equiv b \pmod{n}$ при том, что натуральные числа a, b, n заданы и достаточно велики.

Протокол состоит из трёх этапов.

Этап 1. Выбор параметров протокола.

1. Выбираются два простых числа p и q (длиной порядка 140 бит), причём $q \mid (p-1)$.

2. Выбирается число t $\left(2^t < q\right)$, являющееся параметром безопасности, т.е. обеспечивающим подтверждение владения секретом стороной A с вероятностью $P(A) \approx \left(1 - 1/2^t\right)$.

3. Выбирается элемент g, лежащий в пределах $(1, p-1)$ и имеющий порядок q, т.е. $g = \left(\beta^{(p-1)/q}\right) \bmod p$, где β – первообразный корень по модулю q.

4. Каждая сторона протокола получает копию системных параметров (g, p, q), а также открытый ключ доверенного центра T, который позволяет проверить подпись сообщения $S_r(I_A, v)$.

Этап 2. Выработка параметров пользователя.

1. Каждая сторона протокола получает уникальный идентификатор I_A.

2. Сторона A выбирает секретный ключ a (лежащий в пределах $(1, q-1)$) и вычисляет открытый ключ $v = \left(g^{-a}\right) \bmod p$.

3. Сторона A передаёт v доверенному центру T и получает сертификат $cert_A = (I_A, v, S_r(I_A, v))$, который связывает v и I_A с помощью цифровой подписи $cert_A = S_r(I_A, v)$.

Этап 3. Доказательство владения секретом.

1. Доказывающая владение секретом сторона A случайным образом выбирает число r $(0 < r < q)$, вычисляет $X = \left(g^r\right) \bmod p$ и отправляет проверяющей стороне B $(cert_A, X)$.

2. Проверяющая сторона B делает вывод об аутентичности открытого ключа v доказывающей стороны A путём проверки подписи доверенного центра, после чего отправляет A случайное, ранее не использовавшееся, число e $\left(1 \le e \le 2^t\right)$.

3. Сторона A проверяет $1 \le e \le 2^t$ и передаёт B число $y = (a \cdot e + r) \bmod p$.

4. B вычисляет $Z = \left(g^y \cdot v^e\right) \bmod p$ и принимает доказательство владения стороной A секрета, если $Z = X$.

Протоколы должны удовлетворять, по крайней мере, двум условиям: 1) полнота – если A обладает секретом, то он докажет B истинность секрета с вероятностью единица; 2) корректность – если A врёт, то он не сможет убедить B в истинности секрета с вероятностью, близкой к единице.

Полнота протокола Шнорра следует из того, что если A обладает секретом a (при этом $v = \left(g^{-a}\right) \bmod p$ – открытый ключ абонента A), то $Z = X$. Действительно,

$$Z = \left(g^y \cdot v^e\right) \bmod p = \left(g^{r+ae} g^{-ae}\right) \bmod p =$$

$$= \left(\left(\beta^{((p-1)/q)(r+ae)}\right)\left(\beta^{((p-1)/q)(-ae)}\right)\right) \bmod p = \left(g^r\right) \bmod p = X.$$

Корректность протокола Шнорра подтверждается с помощью теоремы, доказанной в [5]:

Теорема. Если для некоторого Z из поля Галуа Z_p и случайного e $\left(1 \le e \le 2^t\right)$, за полиномиальное время с вероятностью $\alpha \ge 1/\left(2^{t-1}\right)$ можно найти такое y из Z_q, что выполнится равенство

$Z = \left(g^{y} \cdot v^{e}\right) \bmod p$, то за полиномиальное время можно вычислить секрет (т.е. закрытый ключ a из равенства $v = \left(g^{-a}\right) \bmod p$), то есть с очень малой вероятностью $\alpha \approx 1/\left(2^{t-1}\right)$ может быть решена задача дискретного логарифмирования.

3. Описание программы, реализующей криптопротокол Шнорра

Программа «ProtSchnorr.exe» реализована на языке C# в среде разработки Visual Studio 2017. Вычислительный эксперимент подтвердил работоспособность программы и возможность использования её для исследования особенностей криптографического протокола удалённой аутентификации К. П. Шнорра.

В программе использованы три основных класса:

1. T() – класс доверенного центра;
2. A() – класс абонента A;
3. B() – класс абонента B.

В классе доверенного центра реализован основной метод – GenerateDomainParameters(int nBits), представленный на рис. 1.

```
public static DomainParameters GenerateDomainParameters(int nBits)
{
    GenerateNumber generateNumber = new GenerateNumber();
    GeneratePrimeNumber generatePrimeNumber = new GeneratePrimeNumber();
    TestPrimeNumber testPrimeNumber = new TestPrimeNumber();
    BigInteger p, q, g, h, t;

    q = generatePrimeNumber.Generate(nBits, testPrimeNumber);

    int i = 1;
    int tries = 0;
    do
    {
        p = q * i + 1;
        i++;
        tries++;
        if (tries > 5000)
        {
            i = 0; tries = 0; generatePrimeNumber.Generate(nBits, testPrimeNumber);
        }
    } while (!testPrimeNumber.DivisionTest(p) && !testPrimeNumber.MillerRabinTest(p));

    int tMax = SetTMax(q);
    t = generateNumber.Next(10, tMax);

    h = generateNumber.Next(1, p - 1);
    g = BigInteger.ModPow(h, (p - 1) / q, p);

    return new DomainParameters(p, q, t, g);
}
```

Рис. 1. Основной метод генерации параметров (p, q, g, t)

В классе абонента *A* реализованы следующие методы (рис. 2):

1. GenerateParameters();
2. GenerateY().

```
public void GenerateParameters()
{
    PrivateKeyA = generateNumber.Next(1, domainParameters.Q - 1);
    BigInteger inverse = BigIntegerExtensions.ModInverse(domainParameters.G, domainParameters.P);
    V = BigInteger.ModPow(inverse, PrivateKeyA, domainParameters.P);
    R = generateNumber.Next(0, domainParameters.Q);
    X = BigInteger.ModPow(domainParameters.G, R, domainParameters.P);
}
ссылка: 1
public void GenerateY()
{
    Y = PrivateKeyA * E + BigInteger.ModPow(R, 1, domainParameters.Q);
}
```

Рис. 2. Основные методы генерации параметров абонента *A*

В классе абонента *B* реализованы следующие методы (рис. 3):

1. GenerateE();
2. GeneratZ();
3. Test().

```
public void GenerateE()
{
    E = generateNumber.Next(1, generateNumber.Pow(2, domainParameters.T));
}
ссылка: 1
public void GenerateZ()
{
    Z = BigInteger.ModPow(domainParameters.G, Y, domainParameters.P) * BigInteger.ModPow(V, E, domainParameters.P) % domainParameters.P;
}
ссылка: 1
public bool Test()
{
    return Z == X;
}
```

Рис. 3. Методы генерации параметров абонента *B*

На рис. 4 показана основная форма программы после введения длины секретного ключа (256 бит) и генерации основных параметров протокола.

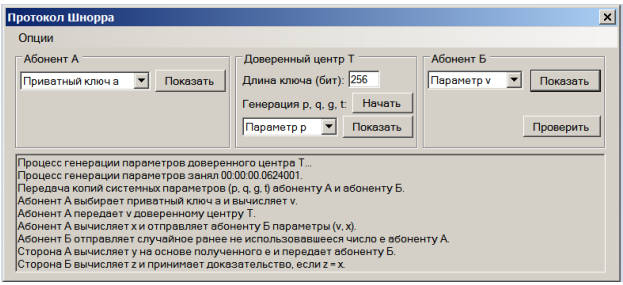


Рис. 4. Основная форма программы

При нажатии на клавиши «Показать» можно увидеть конкретные значения параметров, которые формируются в соответствии с этапами 1 и 2 протокола Шнорра в зависимости от длины ключа. На рис. 5 показан пример получения результата для параметра p, который представляет собой простое число длиной 256 бит (76 десятичных цифр).

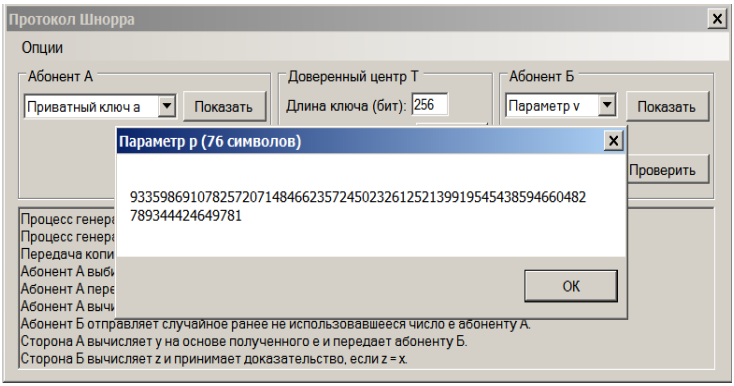


Рис. 5. Результат формирования параметра p

Опции программы (рис. 6) позволяют выбирать один из двух режимов: «Реальное время» и «Симуляция», а также дают возможность очистки полей основной формы.

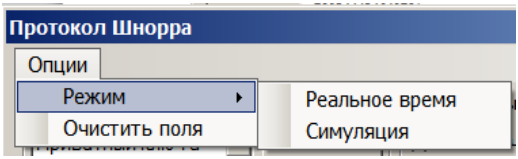


Рис. 6. Опции программы

Режим «Реальное время» позволяет исследовать работу протокола в зависимости от длины ключа. В режиме «Симуляция» последовательно отображаются результаты работы каждого из этапов протокола. Опция «Очистить поля» даёт возможность начать работу протокола снова – после ввода длины ключа.

На рис. 7 и 8 представлены итоговые результаты работы протокола.

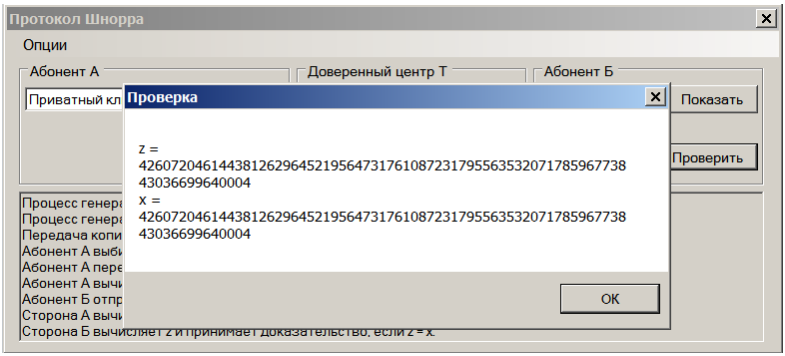


Рис. 7. Числовые значения, подтверждающие доказательство существования секретного ключа

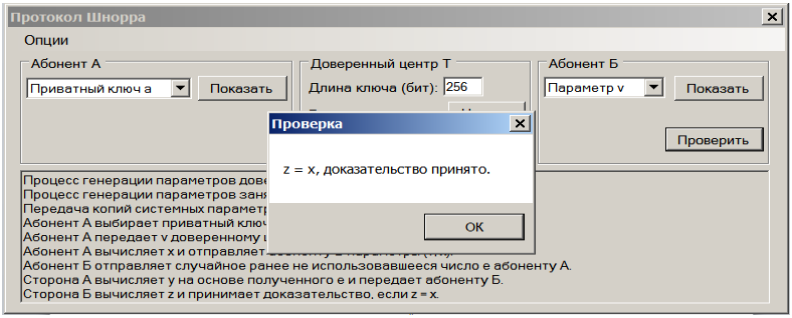


Рис. 8. Итоговый результат работы протокола Шнорра

4. Контрольные вопросы и задания

1. Что такое идентификация, аутентификация, авторизация? Пояснить эти понятия на примерах.
2. Сравнить понятия: схема, протокол, алгоритм. Примеры.
3. Что такое цифровая подпись? Как реализовать протокол цифровой подписи? Примеры.
4. Что такое нулевое разглашение знания? Примеры.
5. В чем заключается проблема дискретного логарифмирования? Примеры.
6. Привести описание схемы Эль Гамаля. Как она используется в протоколах? Примеры.
7. Привести описание схемы Фиата-Шамира. Как она используется в протоколах? Примеры.

8. Сформулировать достоинства и недостатки криптографического протокола Шнорра. Почему этот протокол является криптографическим? Привести примеры некриптографических протоколов.

9. Привести практические примеры использования протокола Шнорра.

10. Какая идея лежит в основе протоколов с нулевым разглашением информации?

11. Какие типы атак могут быть использованы при нападении на протоколы идентификации?

12. Сформировать не менее пяти вариантов работы протокола Шнорра по алгоритму [6]:

1. Задать значения параметров p, q, t.
2. Проверить правильность выбора и вычисления значений g, a, v.
3. Проверить правильность вычисления X, подставив выбранное число r.
4. Проверить правильность вычисления y, подставив выбранное число e.
5. Равенство $X = \left(a^{y} \cdot v^{e}\right) \bmod p$ должно быть верным.
6. Например, вариант № 1: $p = 709$, $q = 59$, $\beta = 2$, $g = 551$, $t = 4$, $a = 9$, $v = 104$, $r = 11$, $X = 540$, $e = 15$, $y = 28$.

Заключение

Рассмотрены схема и криптографический протокол с нулевым разглашением знания К. П. Шнорра. Обоснованы критерии полноты и корректности протокола. Сформулированы задание и контрольные вопросы к лабораторной работе. Разработано приложение, реализующее протокол Шнорра и позволяющее провести исследование данного протокола.

Список литературы

1. Schnorr, C. P. Method for Identifying Subscribers and for Generatic Signatures in a Data Exchange System / C. P. Schnorr // United States Patent № 4995082, 19.02.1991. – Режим доступа : https://patents.google.com/patent/US4995082A/en (дата обращения: 09.01.2020).

2. ElGamal, T. A Public Key Cryptosystem and a Signature Scheme Based on Discrete Logarithms // IEEE Transactions on Information Theory. – V. IT-31, № 4, July, 1985. – Режим доступа :

https://caislab.kaist.ac.kr/lecture/2010/spring/cs548/basic/B02.pdf (дата обращения: 09.01.2020).

3. Fiat, A. How to Prove Yourself: Practical Solutions to Identication and Signature Problems / A. Fiat, A. J. Shamir // Advances in Cryptology CRYPTO-86 Proceedings. – Springer-Verlag, 1987, P. 186-194. – Режим доступа : https://www.cs.rit.edu/~jjk8346/FiatShamir.pdf (дата обращения: 09.01.2020).

4. Ниссенбаум, О. В. Криптографические протоколы : учебное пособие / О. В. Ниссенбаум. – Тюмень : Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2007. – 112 с.

5. Черемушкин, А. В. Криптографические протоколы. Основные свойства и уязвимости [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Компьютерная безопасность» / А. В. Черемушкин. – Москва : Академия, 2009. – 269 с.

6. Ниссенбаум О. В. Криптографические протоколы. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие / О. В. Ниссенбаум, Н. В. Поляков. – Тюмень: Издательство ТюмГУ, 2012. – 40 с.

Использование технологии инфографики в образовательном процессе

Е. Ф. Гребенюк, email: lana-grebenjuk@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей №15»

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение технологии инфографики в образовании на примере положительного опыта педагогов зарубежной и отечественной школ, уделяется внимание использованию данной технологии на уроках истории.*

Ключевые слова: *инфографика, образование, технология, уроки истории.*

Введение

Современное образование трудно представить без использования информационно-коммуникационных технологий.

Информатизация образования является общемировой тенденцией в развитии образования в целом. В связи с этим, широкое применение ИКТ в образовательном процессе становится важным показателем профессионализма любого педагога. Следует отметить, что сегодня существует большое количество различных информационных технологий, используемых в практике учителя, но мне хотелось бы более подробно остановиться на инфографике.

Инфографика – это графический способ подачи любой информации – от статистических данных до сложных графиков и схем, то есть визуально-упрощенное представление сложных данных, направленное на возбуждение интереса и передачу информации в понятной, доступной форме [1]. Найти сегодня человека, никогда не сталкивавшегося с инфографикой, наверное, невозможно. Этот способ подачи информации применяется повсеместно: на телевидении, в прессе, новостях, в презентациях. И, конечно, инфографику активно применяют в образовании – здесь ее возможности практически безграничны. Инфографика может быть статичной, анимированной или даже интерактивной, в зависимости от целей обучения, его аудитории и конкретного предмета. Инфографика в обучении позволяет по-новому взглянуть на сам педагогический процесс – ведь то, что можно долго расписывать в учебнике сухими словами, при помощи нее можно изобразить одним емким и красочным слайдом.

© Гребенюк Е. Ф., 2020

1. Инфографика в образовании

На Западе обучение с использованием инфографики давно стало обыденным явлением даже в обычных школах. Например, согласно исследованию канадских ученых, задания на инфографику вдохновляют учащихся на использование всевозможных коммуникативных навыков без дополнительной поддержки со стороны преподавателя. Более того, это реальная тренировка навыков цифровой коммуникации, ведь при обучении используются настоящие, реальные сервисы для создания графических работ. При подготовке инфографики развиваются умения критического анализа содержания информации, определения особенностей и потребностей аудитории и конструирования сообщения. Все это повышает уровень умений, связанных с профессиональной коммуникацией в любой сфере. Опыт зарубежных педагогов показывает, что использование инфографики очень успешно реализуется в проектной исследовательской деятельности учащихся (Диана Лауфенберг – учитель социологии в США) [2].

Другая стратегия, предполагающая использование инфографики в образовании, принадлежит Бретту Вогельсингеру – учителю английского языка (США). Он заменяет новостные статьи и эссе, которые учащиеся традиционно читают по программе, инфографикой. По его словам, реакция школьников позитивна. Они отмечают, что значительно экономят время при чтении текста с инфографикой по сравнению с привычным текстом. Гэри Роб Лэм и его коллеги описывают, как они включают инфографику в преподавание основ научных знаний в старших классах. Их главной целью стало формирование информационной грамотности в процессе обучения графической репрезентации данных. Инфографика использовалась для разных видов деятельности, (например, «читай и думай вслух», «перерисуй данные») и для представления авторских проектов старшеклассниками. Занятие «перерисуй данные» строится на том, что школьники воспроизводят увиденную идею своими образами [2].

Калифорнийские педагоги описывают четыре популярных образовательных стратегии: интерпретация инфографики, визуализация данных, критический анализ и создание инфографики учащимися [3]. Важно также отметить, что инфографика должна быть вписана в историю, в рассказ учителя, а не просто развлекать, кроме этого, визуализация данных, то есть, понимание того, как используются различные графики, диаграммы, таблицы, сравнения, символы и значки, необходимо молодым людям прежде всего для анализа и интерпретации фактов. Критический анализ инфографики предполагает рассуждение учащихся о хороших и плохих сторонах инфографики. Это возможно в

том случае, если даны критерии или список пунктов, по которым они могут судить о качестве той или иной работы. Лучше всего показывать большое количество примеров, сравнивать, противопоставлять одну другой.

Использование инфографики на уроках истории особенно актуально, так как она помогает максимально наглядно представить события прошлого, трудные для восприятия в текстовом варианте. Для уроков истории очень популярным является составление инфокарт. К примеру, для изучения темы «Политическая раздробленность на Руси» (6 класс) учителем из Новосибирска С. Ковальчуком предлагается следующая форма групповой работы. Класс делится на группы по числу княжеств. Далее предлагается составить план описания княжества. Например: 1) географическое положение; 2) генеалогическая составляющая: правящая княжеская династия – имя и годы правления, портрет; 3) экономическое и этнографическое описание княжества: население и его хозяйство – этнический состав княжества, основные занятия и ремесла, торговля, направления ввоза и вывоза и разновидность товара; 4) организация власти и внутренняя политика князей; 5) внешняя политика княжества – направления походов, войны и сражения; 6) культура княжества – памятники культуры, фольклор, архитектура, археологические памятники, обряды, верования. Пространство инфокарты разбивается на 6 смысловых частей. В центре обозначается карта княжества, а остальные пункты обозначаются вокруг карты. Для разнообразия форм передачи информации используются условные знаки (обязательно напоминается понятие «легенда карты»), распечатанные изображения памятников культуры, изображения князей и иные графические обозначения [4].

В своей практике я использовала инфографику на уроке истории в 7 классе по теме: «Централизация власти. Собирание земель вокруг Москвы». В процессе практического интерактивного взаимодействия учителя и обучающихся получился информационно-насыщенный, визуальный источник, содержащий интегрированную информацию, включая историческую карту, хронологию событий, биографическую справку о московских князьях, напрвления внешней и внутренней политики.

При составлении подобной инфокарты с использованием современных информационных технологий можно придать событиям, описанным в составленной инфокарте, динамический эффект посредством использования аудио- и видеофайлов.

Еще один формат инфографики, интересный для использования на уроках истории, - это комиксы и линии времени. Этот формат популярен

на западе. Так, учитель Моника Бернс задаёт студентам-историкам собрать факты об определённом периоде и организовать их в последовательную линию времени. Учащиеся помладше рисуют комиксы, задействуя тот же принцип – собрать информацию, отобрать важные факты и расположить их в хронологическом порядке. Понимать, заучивать и пересказывать историю проще по собственным комиксам гораздо интереснее не только самому автору, но и всему классу.

Интересным на уроках истории будет также такой инфографический формат как создание фан-страницы исторической личности. Учитель и блогер Вики Дэвис предлагает детям самостоятельное исследование выдающихся исторических фигур, которые их привлекают больше всего. В процессе создания инфографики и рассказа классу ученики с удовольствием проводят исследование жизни и деятельности исторической личности, что также помогает окунуться в атмосферу исторической эпохи, связанной с ней, отбирают самые яркие факты из жизни, запоминают даты, узнают особенности характера, которые помогают великим людям стать таковыми. Одним из вариантов оформления такой инфокарты можно представить, к примеру, создание модели, как выглядела бы страница исторической личности в социальной сети.

Заключение

Таким образом, в обучении инфографика – это не только визуальная основа, иллюстрирующая то, о чем идет речь на занятии, но и возможность развития способностей обучающихся к визуальному мышлению, обработке информации и использованию информационно-технических средств.

Список литературы

1. Демин, А. 12 способов использовать инфографику на уроке [Электронный ресурс] / А. Демин // Мел. Медиа про образование и воспитание детей. – Режим доступа : https://mel.fm/blog/vizual-club/41029-12-proverennykh-sposobov-ispolzovat-infografiku-na-uroke

2. Инфографика в образовании: учителя делятся своими лучшими стратегиями [Электронный ресурс] // Научно-популярный журнал Метеор-Сити. – Режим доступа : https://www.meteor-city.top/infographika-v-obrazovanii

3. Источники образовательной инфографики [Электронный ресурс] // Научно-популярный журнал Метеор-Сити. – Режим доступа : https://www.meteor-city.top/istichnik-obrazvatenoy-infographici

4. Ковальчук, С. М. Инфографика на уроках истории [Электронный ресурс] / С. М. Ковальчук // Мультиурок – проект для учителей. – Режим доступа : https://multiurok.ru/files/infografika-na-urokakh-istorii.html

Интерактивные плакаты и инфографика на уроках обществознания

О. В. Гриднева, email: oksanagridneva7@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа № 95» г. Воронежа

Аннотация. *В данной работе определяется актуальность использования таких средств обучения как интерактивные плакаты и инфографика, представлен опыт использования их на уроках обществознания, приведены примеры инструментов для создания данных средств обучения.*

Ключевые слова: *интерактивность, интерактивный плакат, наглядность, визуализация, инфографика*

Введение

При подготовке к уроку учитель истории и обществознания часто сталкивается с проблемой дефицита конкретного наглядного материала, несмотря на разнообразие и изобилие последнего, как на бумажных, так и электронных носителях. Многие педагоги находят выход из этой ситуации путем использования готовой мультимедийной продукции, чаще всего презентаций, размещенных в сети Интернет. Но, к сожалению, значительная часть этой продукции снабжена несовершенным методическим аппаратом, а иногда и вовсе не соответствует стандарту содержания образования, содержит ошибки и неточности, в силу отсутствия серьезного рецензирования и контроля за ее качеством.

Возможный выход из сложившейся ситуации – это создание учителем собственных продуктов, среди которых не только презентации, но и интерактивные карты, плакаты, инфографика [1, 2].

1. Разработка и использование интерактивных плакатов и инфографики

Разработка интерактивных плакатов и инфографики и использование их на уроках обществознания позволяет не только наглядно представить материал, который необходимо запомнить, но и проверить знания учащихся, умение их находить и интерпретировать информацию.

© Гриднева О. В., 2020

Интерактивный плакат является одним из самых удобных в использовании и обеспечивающих высокий уровень наглядности средств обучения. По сравнению с обычными полиграфическими аналогами, интерактивные плакаты предоставляют более широкие возможности для организации процесса обучения. Они содержат значительно больше учебного материала, чем традиционные статичные плакаты. Часть информации, представленной на них, скрыта и «открывается» пользователем по мере необходимости. В отличие от презентации, он имеет небольшой объем и посвящен, чаще всего, одному явлению или процессу (например, тоталитаризму или истории денег). Он содержит центральное изображение и дополнительную информацию, которая размещается на отдельных кадрах в уменьшенном виде и при необходимости выводится на передний план или увеличивается. Так, центральное место будет занимать изображение семьи битвы, вокруг – информация о типах семьи, ее функциях, исторические и литературные примеры и т.п.

Наиболее удобной и привычной для педагогов средой для создания интерактивного плаката является PowerPoint, хотя сейчас существует большое множество различных сервисов, которые можно использовать для разработки таких плакатов (Thinglink, Genial.ly, Glogster и др.). Интерактивность плаката, созданного в PowerPoint, обеспечивается за счет использования различных элементов: гиперссылок, триггеров, кнопок перехода, элементов «лупа», «указка», «маркер» и т.д. На плакате можно разместить аудио и видео-материалы. Например, плакат «Символы России» содержит информацию об основных символах нашего государства (когда принят, что символизирует). Интерактивные кнопки позволяют «выйти» за пределы плаката и узнать, как менялись символы на протяжении всего периода их существования, прослушать гимн.

Подобные плакаты создаются не только для иллюстрации процессов и явлений прошлого и современности, интерактивность делает возможным разработку практических заданий, которые детализируют какую-либо часть плаката, либо сопоставляют изображение на плакате с каким-либо другим изображением, или даже документом. Так, например, плакат, посвященный сущности тоталитаризма, может содержать задания на сравнение агитационного плаката 30-х гг. и реальных фотографий тех лет, или графические данные для анализа о численности репрессированных. Переход к этим заданиям также осуществляется через анимированные элементы плаката.

Одним из способов визуализации информации является инфографика. Инфографика активно используется в печатных и интернет СМИ, в рекламе. В последнее время она стала популярна и в образовании. Визуальное представление сложной учебной информации кратко, креативно, образно и точно становится требованием современности.

Инфографика представляет собой синтетическую форму организации материала, включающего в себя различные элементы, но в первую очередь статистические данные и их графическое воплощение – диаграммы, графики. Это делает данное средство визуализации наиболее привлекательным для обществознания, так как при изучении этого школьного предмета обучающимся приходится работать со сложными терминами, классификациями, численными показателями. Так, например, при изучении темы «Основные показатели экономического развития» ученикам предоставляется возможность увидеть и проанализировать показатели ВВП разных стран, сопоставив их с количеством жителей в стране или же сравнив с ВВП показателями за предыдущие периоды. Тема «Глобальные проблемы современности» предоставляет возможность на одном изображении увидеть карту с отмеченными местами наибольшего загрязнения природы, деятельность международных организаций в цифрах, пути решения глобальных проблем и т.п.

Инфографика также бывает статичной и содержащей анимированные элементы.

Составить инфографику по заданной теме может и учащийся. Данный вид работы очень полезен при изучении обществознания, так как позволяет ученикам увидеть взаимосвязи, причины и следствия явлений и событий. Для создания нужно: во-первых определить задачи, которые следует решить с ее помощью, во-вторых разбить информацию по теме на разделы, подобрать нужные визуальные образы, статистические данные. В-третьих, создать основную визуальную метафору, вокруг которой будет строиться инфографика. Она должна быть простой и понятной.

Создавать инфографику можно с помощью доступной программы PowerPoint. В ней имеются различные макеты и темы для создания слайдов, однако проще всего пользоваться шаблонами, специально разработанными для создания инфографики в этой программе. В последних версиях PowerPoint (2010, 2013) есть рисунки SmartArt, которые по сути являются инструментом для структурирования текстовой информации и представления ее в графическом виде. Для создания инфографики можно использовать также программу Easel.ly,

содержащую большое количество шаблонов и простую в использовании.

Преимущества инфографики как дидактического средства очевидны. Во-первых, он имеет простой и понятный интерфейс. Во-вторых, материал на нем представлен в виде элементов, которые логически связаны, т.е. явление или процесс можно рассматривать как единое целое.

Заключение

Опыт по созданию и использованию интерактивных плакатов и инфографики позволяет учителю осуществлять индивидуализацию и дифференциацию процесса обучения, формировать у школьников положительную самооценку, информационную и коммуникативную культуру Урок становится более динамичным и интересным, эмоционально насыщенным, что способствует активизации познавательной активности обучающихся.

Список литературы

1. Дербак, Н. В. Методические рекомендации по визуализации учебной информации / Н. В. Дербак //Информатика в школе. – 2019. – № 10. – С.31-35.

2. Ермолаева, Ж. Е. Инфографика как способ визуализации учебной информации / Ж. Е. Ермолаева, И. Н. Герасимова // Школьные технологии. – 2015. – № 2. – С. 100-107.

Использование системы MS Office Excel в курсе правовой статистики

О. Ю. Данилова, email: danilova_olga@hotmail.com [1]
С. В. Синегубова, email: swp13@yandex.ru [2]
С. А. Телкова, email: tsa76@inbox.ru [1]

[1] Воронежский институт МВД России
[2] Воронежский институт ФСИН России

Аннотация. *Рассмотрено применение информационных технологий, в частности пакетов прикладных математических программ, при обучении правовой статистике. Приводится пример использования пакета MS OFFICE EXCEL для решения задачи по проверке и устранения мультиколлинеарности факторов в моделях множественной регрессии.*

Ключевые слова: *информационные технологии, пакет прикладных программ, эффективность учебного процесса, множественная регрессия.*

Введение

В век развития информационных технологий, которые занимают в жизни каждого человека все больше места, специалист в области права должен обладать умениями и навыками, необходимыми для более быстрого, рационального и действенного решения профессиональных задач и основанными на использовании статистических методов. Их приобретение осуществляется, в том числе, и при изучении курса правовой статистики [1]. Именно поэтому каждого специалиста – сотрудника органов внутренних дел, обучают по методикам, которые совершенствуются изо дня в день. Для выполнения программы обучения и подготовки к последующему решению служебных задач необходимо правильно и рационально применять информационные технологии, обеспечивающие наглядность учебного материала; моделирование и имитацию исследуемых объектов, процессов и явлений; скорость в проведении больших вычислений.

В курсе правовой статистики интегрируются юридические и математические знания, связанные с методами статистического наблюдения, сводки и группировки, обобщающих показателей и статистического анализа [2]. Возникающие при этом объемные данные, их обработка и вычисления требуют временных затрат, сократить

© Данилова О. Ю., Синегубова С. В., Телкова С. А., 2020

которые и позволяют специализированные пакеты прикладных программ. Пакет Microsoft Office включает в себя программу для работы с электронными таблицами Excel, которая позволяет структурировать данные и проводить операции над ними благодаря широкому разнообразию встроенных функций, облегчающих решение задач, заключающихся в неоднократно повторяющихся вычислениях, построении графиков.

Вопросы по обеспечению необходимыми лицензионными версиями соответствующих программ; предоставление времени на изучение их интерфейса; наличия необходимой квалификации преподавателей; методических пособий, которые помогут обучающимся более быстро и рационально выполнить поставленные задачи, решаются руководством ВУЗа. Но стоит отметить, что без желания и самоотдачи обучающегося процесс обучения будет максимально отягощен и принесет минимальные результаты.

1. Организация лабораторного занятия с использованием системы MS Office Excel

В нашей педагогической практике на лабораторных занятиях по дисциплине «Правовая статистика» мы используем программу для работы с электронными таблицами MS Office Excel, характеризующуюся возможностью проведения экономико-статистических расчётов, построения графиков и диаграмм.

В начале лабораторного занятия сообщается тема, цель и план проведения. Затем рассматривается пример решения задачи по проверке и устранении мультиколлинеарности факторов в моделях множественной регрессии. Далее обучающиеся самостоятельно выполняют аналогичное задание, получая индивидуальные входные данные. В качестве отчета о проделанной работе выступает страница вычислений в MS Office Excel, что позволяет преподавателю оперативно проверить и оценить работу, а курсантам вовремя исправить допущенные при проведении аналитических расчетов ошибки [3].

2. Построение уравнения множественной регрессии при решении задач правовой статистики

Задача. Изучается зависимость количества административных правонарушений от уровня безработицы, количества сотрудников на район, количества мест в изоляторах временного содержания, количества лиц, которым назначено административное наказание в виде административного ареста и количества активных пользователей социальных сетей. Статистические данные по 20 районам сведены в таблицу.

Необходимо построить уравнение множественной регрессии, учитывая возможное наличие мультиколлинеарности между факторами, влияющими на изучаемое явление.

Решение. Заносим исходные данные в Excel (рис. 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Статистические данные						
2		1 Количество административных правонарушений	2 Уровень безработицы, %	3 Количество сотрудников на район	4 Количество мест в ИВС	5 Количество лиц, которым назначено административное наказание	6 Количество активных пользователей соц. сетей	
3	1	110	10	59	67	68	26	
4	2	83	12	51	59	51	14	
5	3	119	7	62	53	54	43	
6	4	107	15	57	49	56	26	
7	5	152	9	72	66	58	65	
8	6	112	11	44	69	63	39	
9	7	99	8	43	60	72	56	
10	8	131	8	51	50	52	29	
11	9	96	13	45	57	61	34	
12	10	104	14	61	58	53	56	
13	11	87	12	54	53	49	17	
14	12	118	6	70	48	55	39	
15	13	121	9	68	47	70	29	
16	14	82	13	45	52	51	28	
17	15	100	18	57	56	71	65	
18	16	105	19	60	63	57	31	
19	17	79	7	42	44	52	23	
20	18	97	9	50	56	64	64	
21	19	148	22	71	71	79	84	
22	20	94	16	55	58	59	39	
23								
24								
25								

Рис. 1. Исходные данные в Excel

Выдвинем нулевую гипотезу: $H_0 = \{$модель множественной регрессии является линейной$\}$ при конкурирующей: $H_1 = \{$модель множественной регрессии не является линейной$\}$. Таким образом, при справедливости нулевой гипотезы H_0 модель будет иметь вид:

$$Y = a + \sum_{i=1}^{5} b_i \cdot X_i = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_4 + b_5 \cdot X_5, \quad (1)$$

где Y – изучаемый параметр (количество административных правонарушений); X – параметры, влияющие на Y (уровень безработицы, количество сотрудников на район, количество мест в изоляторе временного содержания, количество лиц, которым назначено административное наказание в виде административного ареста, количество активных пользователей социальных сетей); a, b_i – коэффициенты множественной регрессии.

Определим существование корреляционной связи с помощью парных коэффициентов корреляции между факторами Y, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5. Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции не

выявляет тесной связи между параметрами, влияющими на изучаемое явление (между X_i). Однако проверим возможное присутствие мультиколлинеарности между X_i.

Заполним пустые клетки полученной таблицы для вычисления определителя данной матрицы. Данная матрица является симметричной (симметрической) относительно главной диагонали, на которой расположены единицы. Заполняем пустые клетки по правилу: первый столбец равен первой строке, второй столбец – второй строке и т.д. (рис. 2–4).

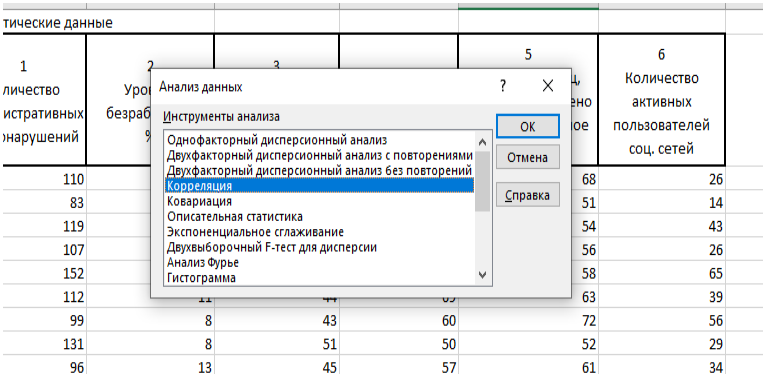


Рис. 2. Выбор корреляции

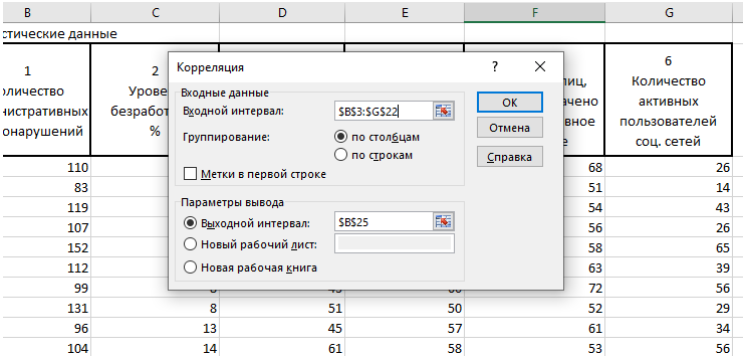


Рис. 3. Выбор параметров

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Y	1	0,031268569	0,723846988	0,379976888	0,386340536	0,538417649
X1	0,031268569	1	0,173327451	0,445308504	0,319035559	0,298723942
X2	0,723846988	0,173327451	1	0,162935921	0,221345447	0,372780592
X3	0,379976888	0,445308504	0,162935921	1	0,482854847	0,469264794
X4	0,386340536	0,319035559	0,221345447	0,482854847	1	0,628647912
X5	0,538417649	0,298723942	0,372780592	0,469264794	0,628647912	1

Рис. 4. Результат вычислений

Найдем определитель матрицы, состоящей только из X_i (рис. 5).

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Y	1	0,031268569	0,723846988	0,379976888	0,386340536	0,538417649
X1	0,031268569	1	0,173327451	0,445308504	0,319035559	0,298723942
X2	0,723846988	0,173327451	1	0,162935921	0,221345447	0,372780592
X3	0,379976888	0,445308504	0,162935921	1	0,482854847	0,469264794
X4	0,386340536	0,319035559	0,221345447	0,482854847	1	0,628647912
X5	0,538417649	0,298723942	0,372780592	0,469264794	0,628647912	1

Определитель= =МОПРЕД(D27:H31)

Рис. 5. Определитель матрицы, состоящей только из X_i

Результирующее значение определителя составляет $|R| \approx 0,293$ (рис. 6).

Определитель=	0,292949317

Рис. 6. Результирующее значение определителя

Учитывая, что $0 \le |R| \le 1$ и расчетное значение близко к нулю, присутствует мультиколлинеарность между факторами, влияющими на изучаемое явление. Таким образом, один из факторов приближенно выражается через другие факторы. Определим, какой из факторов вносит мультиколлинеарность в исходные данные.

Проведем регрессионный анализ, ставя на место изучаемого фактора один из X_i, по максимальному значению (например $\ge 0,8$) индекса детерминации $R^2_{X_i;X_1,\ldots,X_{i-1},X_{i+1},\ldots,X_n}$ выделим искомую переменную.

Определим $R^2_{X_1,X_2,X_3,X_4,X_5}$: «Данные» → «Анализ данных» → «Регрессия». «Входной интервал Y:» – номера ячеек, содержащие значение параметра X_1. «Входной интервал X:» – номера ячеек, содержащие значения переменных X_2, X_3, X_4, X_5 (рис. 7).

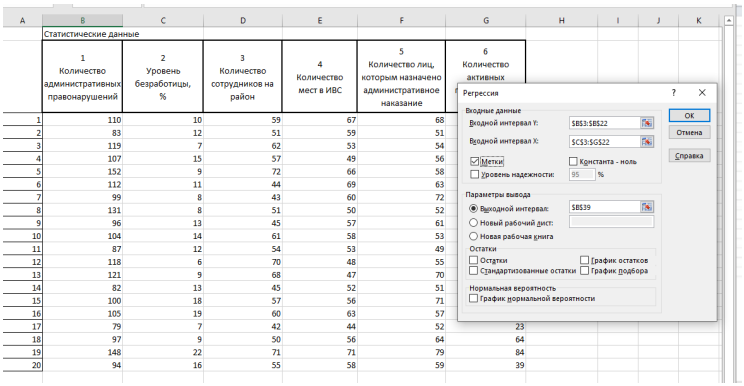


Рис. 7. Таблица для нахождения $R^2_{X_1,X_2,X_3,X_4,X_5}$

В результате $R^2_{X_1,X_2,X_3,X_4,X_5} \approx 0,716$ (рис. 8).

ВЫВОД ИТОГОВ	
Регрессионная статистика	
Множественный R	0,846131333
R-квадрат	0,715938232
Нормированный R-	0,606683706
Стандартная ошибк	12,94501612
Наблюдения	19

Рис. 8. Регрессионная статистика

Проведем аналогичные вычисления, заменяя каждый раз изучаемый параметр новой переменой.

Определим пороговое значение индекса детерминации как $R^2 = 0,8$, выше которого присутствует мультиколлинеарность. Учитывая, что $R^2_{X_5,X_1,X_2,X_3,X_4} \approx 0,909$, X_5 выражается через любую комбинацию X_1, X_2, X_3, X_4.

Проведем регрессионный анализ, исключив переменную X_5 (количество активных пользователей социальных сетей) из исходных данных.

Вновь выдвинем нулевую гипотезу: $H_0 = \{$модель множественной регрессии является линейной$\}$ при конкурирующей: $H_1 = \{$модель множественной регрессии не является линейной$\}$. Таким образом, при справедливости нулевой гипотезы H_0 модель будет иметь вид:

$$Y = a + \sum_{i=1}^{4} b_i \cdot X_i = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_4, \qquad (2)$$

где Y – изучаемый параметр (количество административных правонарушений); X – параметры, влияющие на Y (уровень безработицы, количество сотрудников на район, количество мест в изоляторе временного содержания, количество лиц, которым назначено административное наказание в виде административного ареста, количество активных пользователей социальных сетей); a, b_i – коэффициенты множественной регрессии.

Проведем корреляционный анализ (рис. 9).

	Y	X1	X2	X3	X4
Y	1	0,031268569	0,723846988	0,379976888	0,386340536
X1	0,031268569	1	0,173327451	0,445308504	0,319035559
X2	0,723846988	0,173327451	1	0,162935921	0,221345447
X3	0,379976888	0,445308504	0,162935921	1	0,482854847
X4	0,386340536	0,319035559	0,221345447	0,482854847	1
		Определитель=	0,866816392		

Рис. 9. Нахождение значения определителя

Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции не выявляет тесной связи между параметрами, влияющими на изучаемое явление (между X_i). Значение определителя матрицы, состоящей только из X_i, составило $|R| \approx 0,867 > 0,8$, что говорит об отсутствии мультиколлинеарности между X_i. Для проверки данного факта проверим возможное присутствие мультиколлинеарности между X_i:

$$R^2_{X_1,X_2,X_3,X_4} \approx 0,096, \qquad R^2_{X_2,X_1,X_3,X_4} \approx 0,027,$$

$$R^2_{X_3,X_1,X_2,X_4} \approx 0,133, \qquad R^2_{X_4,X_1,X_2,X_3} \approx 0,038.$$

Все полученные значения намного меньше порогового значения $0,8$, что подтверждает отсутствие мультиколлинеарности между X_i.

Построим уравнение множественной линейной регрессии. Проведем регрессионный анализ для $Y(X_1, X_2, X_3, X_4)$ (рис. 10).

ВЫВОД ИТОГОВ

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,844823255
R-квадрат	0,813726333
Нормированный R-к	0,631933857
Стандартная ошибк	12,52260153
Наблюдения	19

Дисперсионный анализ

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*
Регрессия	4	5473,529682	1368,382421	8,726063387	0,000944795
Остаток	14	2195,417686	156,815549		
Итого	18	7668,947368			

	Коэффициенты	*тандартная ошибк*	*t-статистика*	*P-Значение*	*Нижние 95%*	*Верхние 95%*	*Нижние 95,0%*	*Верхние 95,0%*
Y-пересечение	-42,68122797	29,1112451	-1,466142305	0,164708572	-105,1186389	19,75618298	-105,1186389	19,75618298
X1	-1,629934485	0,77804778	-2,094902816	0,05484775	-3,298681006	0,038812035	-3,298681006	0,038812035
X2	1,450387461	0,309241264	4,690148533	0,000347609	0,787130914	2,113644007	0,787130914	2,113644007
X3	1,056427909	0,490271522	2,154781304	0,049077853	0,004900076	2,107955742	0,004900076	2,107955742
X4	0,49044989	0,39832055	1,23129447	0,238496667	-0,363862722	1,344762503	-0,363862722	1,344762503

Рис. 10. Регрессионный анализ для $Y\left(X_1, X_2, X_3, X_4\right)$

В результате модель будет иметь вид:

$$Y = -42,681 - 1,629 \cdot X_1 + 1,450 \cdot X_2 + 1,056 \cdot X_3 + 0,490 \cdot X_4,$$

$$R^2 \approx 0,813.$$

Здесь Y – изучаемый параметр (количество преступлений); X_1 – уровень занятости населения; X_2 – количество мигрантов; X_3 – количество камер наружного наблюдения; X_4 – количество осужденных.

Проведём проверку модели.

A	B	C	D	E	F	G
	Статистические данные					
	1 Количество административных правонарушений	2 Уровень безработицы, %	3 Количество сотрудников на район	4 Количество мест в ИВС	5 Количество лиц, которым назначено административное наказание	Проверка
1	Y	X1	X2	X3	X4	
2	110	10	59	67	68	104
3	83	12	51	59	51	79
4	119	7	62	53	54	118
5	107	15	57	49	56	105
6	152	9	72	66	58	148
7	112	11	44	69	63	109
8	99	8	43	60	72	95
9	131	8	51	50	52	129
10	96	13	45	57	61	95
11	104	14	61	58	53	101
12	87	12	54	53	49	85
13	118	6	70	48	55	114
14	121	9	68	47	70	119
15	82	13	45	52	51	80
16	100	18	57	56	71	97
17	105	19	60	63	57	101
18	79	7	42	44	52	77
19	97	9	50	56	64	95
20	148	22	71	71	79	143
21	94	16	55	58	59	91

Рис. 11. Проверка модели

Заключение

Таким образом, применение программы Excel пакета Microsoft Office в курсе правовой статистики способствует более рациональному решению профессионально-прикладных задач, что значительно сокращает затраты на их решение, повышает интенсивность учебного процесса, способствует активизации обучающихся.

Список литературы

1. Папушина, С. Н. Правовая статистика : учебное пособие для студентов очного, очно- заочного и заочного отделений Института права и предпринимательства / С. Н. Папушина. – Архангельск: САФУ. – 2010. – 124 с.
2. Горюнов, В. Ю. Правовая статистика [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. Ю. Горюнов. – Н. Новгород : НА МВД России, 2014. – 45 с.
3. Данилова, О. Ю. Правовая статистика: методы и модели : учебное пособие / О. Ю. Данилова, В. В. Меньших, С. В. Синегубов. – Воронеж: Воронежский институт МВД России. – 2018. – 302 с.

Организация образовательной деятельности студентов в процессе изучения общеобразовательных дисциплин с использованием интерактивных технологий

С. Г. Дураков, email: bak87@list.ru[1]
Т. М. Дуракова, email: mix26@bk.ru[1]
Н. М. Жук, email: chuk_n_m@mail.ru[2]

[1] ОГАПОУ «Валуйский колледж»,
[2] ОГАПОУ «Алексеевский колледж»

Аннотация. *Рассматривается организация образовательной деятельности студентов в процессе изучения общеобразовательных дисциплин с использованием интерактивной панели и прикладной программы «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ».*

Ключевые слова: *интерактивное обучение, интерактивная панель, интерактивная модель обучения.*

Введение

В работах [1, 2] определено, что новое поколение студентов, выросшее на компьютерах, планшетах и мобильных телефонах, имеет большую потребность в визуальной информации и зрительной стимуляции. Студенты этого поколения значительно реже читают книги, предпочитая их познавательным ресурсам информационной сети Интернет.

Одним из технических средств, используемых дли реализации технологии интерактивного обучения, является интерактивная панель. Интерактивность означает способность взаимодействовать или находиться в режиме беседы, диалога с кем-либо (человеком) или чем-либо (например, компьютером) [3]. Интерактивное обучение применяется в колледже на занятиях по: информатике, математике, физике. Все участники обучения взаимодействуют друг с другом, обмениваются информацией, совместно решают проблемы.

1. Организация образовательной деятельности студентов с использованием интерактивных технологий

Для активизации учебной деятельности студентов нашего колледжа на сегодняшний день уже недостаточно традиционных методов и приемов обучения. Отсюда актуально использовать интерактивную панель в учебном процессе для повышения эффективности усвоения

© Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Жук Н. М., 2020

материала студентами, при значительной экономии времени. Используя в учебном процессе интерактивные методы и приемы работы на панели, мы заметили, что студенты с удовольствием удерживают повышенную динамичность информационного потока, создаваемого с помощью интерактивной панели. Они с интересом воспринимают мультимедийные материалы и прямые обращения к интернет-сайтам прямо с её поверхности. Работа на занятиях становится живым действием, вызывающим у студента неподдельную заинтересованность.

Например, на занятии по физике по теме «Изучение законов Ома для участка и полной цепи» интерактивная панель использовалась в комплексе с бесплатной прикладной программой «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ», позволяющая в режиме реального времени изучать законы Ома в электрических цепях. Из набора панели детали конструктора в программе на интерактивной доске собирались электрические цепи с различным напряжением. При неверном сборе электрической цепи прибор или приборы, входящие в электрическую цепь сгорали, питание в цепи прекращалась. Все манипуляции с основными приборами электрической проводились на интерактивной панели студентами в режиме реального времени с возможностью неверного решения и последствий, которые будут получены в результате (т.е. выход из стоя электрической цепи без ущерба материальной базы и здоровья обучаемого).

Мы считаем, что обучение с помощью интерактивной панели имеет свои особенности, связанные, прежде всего, с тем, что содержание предмета усваивается в большей степени через решение задач, показ применения теоретический знаний и взаимосвязей между ними на практике. Это говорит о том, что в преподавании общеобразовательных дисциплин следует, умело сочетать традиционные и инновационные формы обучения.

В отличие от обычного мультимедийного проектора интерактивная панель имеет больше возможностей. Она позволяет управлять процессом презентации (двустороннее движение) на занятиях, вносить поправки и коррективы, делать цветом пометки и комментарии, сохранять материалы занятия для дальнейшего использования и редактирования. Интерактивная панель позволяет выполнять геометрические построения и строить графики функций с помощью набора виртуальных инструментов, что дает возможность вовлечь студентов в исследовательскую работу.

По сравнению с традиционными формами ведения занятий, интерактивная модель обучения предусматривает существенное изменение роли преподавателя в учебном процессе — из источника

знаний и информации преподаватель превращается в помощника и консультанта, организатора и координатора занятий.

В колледже интерактивная панель используется как экран для демонстрации видеоматериалов, медиалекций, собственных презентаций, интерактивных пособий преподавателей. Но мы считаем, все-таки, главное преимущество электронной панели – возможность создания флипчарта. Один файл может объединить в себе и презентацию, и фрагмент медиалекции с учебного диска, и интерактивный режим решения задач, и обычную доску с набором всевозможных инструментов. Это позволяет нам реализовать большинство педагогических приемов, повышать плотность урока, насытить его увлекательным содержанием. Обучение с увлечением не только улучшает запоминание материала, но делает его более осмысленным и долговременным.

По проведённому мини-исследованию занятий по одной и той же тематике с интерактивной панелью и без неё были получены следующие результаты.

С применением интерактивной панели в памяти у студента остается:

- 25% услышанного материала;
- 33% увиденного;
- 50% увиденного и услышанного;
- 75% всего материала занятия.

Все это обусловлено тем, что студент вовлекается в активные действия в процессе обучения.

Интерактивную панель мы применяем как на лекциях, так и на практических занятиях. На лекциях при изучении нового материала важную роль играет наглядность, поэтому новый материал по некоторым темам представляем в виде презентации, воспроизведенной через интерактивную панель. Преимущество презентации, воспроизведенной через интерактивную панель в том, что можно делать в ней пометки, дополнительные записи, выделять цветом наиболее важную информацию. Все это позволяет акцентировать внимание студентов на значимых моментах излагаемой информации. При текущем контроле знаний, например, при проверке усвоения устного материала с помощью маркера можно использовать задания для установления соответствия, задания на повторение изученных формул и задания с пропусками. На данном этапе электронная ширма может скрыть рисунок, решения, которые потом можно открыть в нужный момент. Удобно использовать интерактивную панель для проведения самостоятельной работы студентов с последующей проверкой

(электронная ширма или затенение). Возможности интерактивной доски позволяют создавать видео уроки, которые помогают студентам самостоятельно с использованием компьютера освоить новый материал.

Заключение

Таким образом, мы выделим следующие основные преимущества работы с интерактивной панелью: занятия становится более интересными для студентов, следствием этого является повышение интереса к предмету; лучшее понимание учебного материала студентами, так как интерактивная панель делает изучаемый материал наглядным и иллюстративным; возможность многократного использования материала; предоставление больших возможностей для взаимодействия студентов и обсуждения; быстрое получение обратной связи, что дает возможность своевременно корректировать процесс обучения; возможность для студентов быстро включаться в учебный процесс.

Важно отметить, что применение интерактивной панели на всех занятиях должно сочетаться с традиционными методами обучения. Студенты не должны утратить навыки работы с учебником, дополнительной литературой, наглядными пособиями. Преподаватель должен четко определять целесообразность применения интерактивной доски, являющейся одним из инструментов педагогической деятельности и требующей соответствующего ему применения.

Список литературы

1. Интерактивные методы преподавания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://knowledge.allbest.ru/pedagogics/3c0b65635b3ac78a5c53a89421216c36_0.html

2. Методические приемы использования интерактивных технологий в образовательном процессе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.studfiles.ru/preview/4420710/

3. Интерактивный семинар «Интерактивные доски и их применение в образовательном процессе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ext.spb.ru/webinars/7867-05062015-l-r.html

Методическая составляющая SMART системы графического образования

А. Н. Ивлев, email: alexivlev@rambler.ru
О. В. Терновская, email: olgaternovskay@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе приведен состав методической базы SMART системы графического образования, представлены взаимосвязи между ее подсистемами и принципы функционирования на основе траектории изучения графической дисциплины.*

Ключевые слова: *SMART система, графическое образование, компетенции, методическая база.*

Введение

Актуальность использования SMART образования в России обусловлено тем, что во многих европейских странах Smart education уже давно является стандартным способом обучения. SMART образование дает возможность использовать современные источники познания, активно применять их как в процессе обучения, так и в процессе контроля полученных знаний [1–3]. Использование SMART образования видоизменяет роль преподавателя в образовательном процессе. В новой системе ему помимо традиционных учебно-методических материалов необходимо разработать комплекс учебно-методической документации, адаптированной для самостоятельного изучения предмета и автоматизированного контроля знаний по пройденному материалу.

1. Методическая составляющая SMART системы графического образования

Графическое образование следует рассматривать как процесс формирования компетенций направленных на решение научных, прикладных и производственных задач, требующих создания и чтения документов, отражающих в графической форме методику решения поставленной задачи. В условиях производства специалист, обладающий соответствующими компетенциями, должен прочесть и создать конструкторский документ, который является основой процесса изготовления изделия.

© Ивлев А. Н., Терновская О. В., 2020

Формирование компетенций направленных на развитие способностей создания графических документов с использованием, как традиционных чертежных принадлежностей, так и современных средств компьютерной техники оснащенной САПР, требует применения методической регулярно обновляющейся базы интегрированной в SMART систему графического образования [4]. SMART система графического образования включает совокупность подсистем, таких как система предоставления методической информации (СПМИ), автоматизированная система выдачи заданий (АСВЗ), автоматизированная система контроля знаний студентов (АСКЗС), система анализа успеваемости студентов [5]. Неотъемлемой частью SMART системы являются различные графические редакторы подготовки конструкторской документации. Количество и типы графических редакторов определяется отраслями промышленности, для которых ведется подготовка кадров.

SMART система графического образования является человеко-машинной системой. Функции человека сводятся к разработке новой методической базы, своевременному наполнению и обновлению контента, а также его применению в учебном процессе и научных исследованиях.

Методическая база SMART системы включает рабочие программы преподавания дисциплин, задания для выполнения расчетно-графических работ, курсовых работ и проектов, контрольных, лабораторных практических работ, методические указания по выполнению расчетно-графических, контрольных, лабораторных, практических работ, курсовых работ и проектов, электронные учебные пособия, вопросы и задачи для проведения зачетов и экзаменов, заданий для тестирования.

Методическая документация представлена в электронном виде, и доступна в любое время и на любом рабочем месте оснащенным персональным компьютером, с доступом к сети «Интернет». Также методическая документация должна быть представлена и на бумажном носителе информации.

Машинная часть представлена совокупностью аппаратной и программной составляющих SMART системы графического образования. Неотъемлемой частью программной составляющей является интегрированная в каждую подсистему система управления базой данных.

В качестве подсистемы в состав SMART системы входит система предоставления методической информации (СПМИ) (рис. 1). Задачей

СПМИ является хранение и обеспечение студентов и преподавателей актуальной методической информацией.

Обеспечение студентов исходными данными для выполнения расчетно-графических, контрольных, лабораторных, практических работ, а также и курсовых работ и проектов в соответствии с номером варианта осуществляется через автоматизированную систему выдачи заданий (АСВЗ) в основе функционирования которой лежит траектория изучения графической дисциплины.

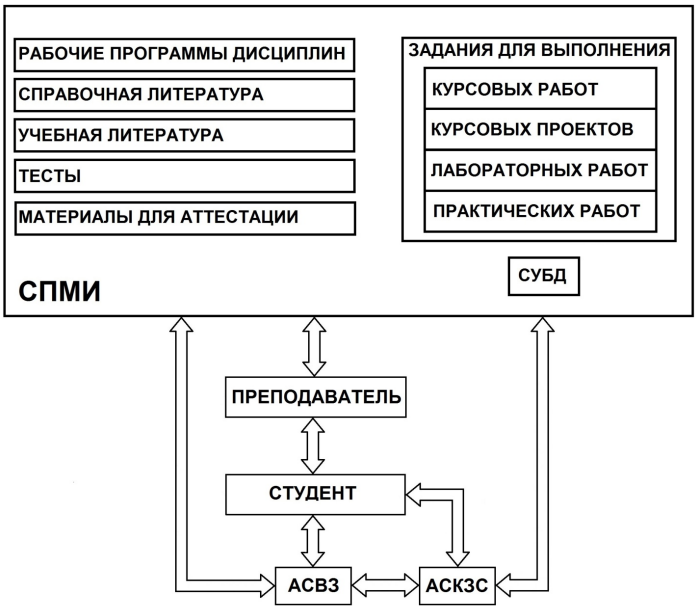


Рис. 1. Взаимосвязь системы представления методический информации с другими подсистемами SMART системы графического образования

Траектория изучения графической дисциплины – это совокупность образовательных компонентов: тем учебной дисциплины с указанием очередности их изучения, заданий для самостоятельного выполнения, тестов, а также взаимосвязей между компонентами, определяющими их взаимозависимость.

На рис. 2 в качестве примера представлена траектория изучения дисциплины «Компьютерная графика».

В представленной траектории изучения дисциплины «Компьютерная графика» использованы следующие обозначения: цифрами обозначены наименования разделов (1 – общие сведения о графическом редакторе, 2 – основные правила начертания графических объектов, 3 – основные приемы редактирования чертежа, 4 – создание чертежа сборочной единицы, 5 – создание спецификации); Т1, Т2, Т3, Т4 – тесты для контроля знаний по разделам дисциплины, цифра указывает раздел дисциплины по которой проводится контроль знаний; Зд1, Зд2 – задания, выполнение которых позволяет закрепить знания, полученные в процессе изучения дисциплины, Атт – аттестация по курсу. Стрелки указывают последовательность реализации компонентов траектории.

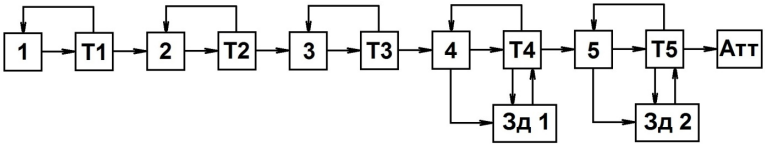


Рис. 2. Траектория изучения дисциплины «Компьютерная графика»

Заключение

Использование траектории изучения дисциплины при функционировании SMART системы графического образования позволяет обеспечивать студентов методическими материалами для изучения разделов дисциплины, выполнения расчетно-графических заданий, заданий для лабораторных и практических занятий в указанной последовательности.

Методическую базу данных СПМИ составляют также материалы для проведения аттестации студентов. Получение студентом следующего компонента осуществляется только после реализации предыдущего. Например, методические материалы по изучению темы 2 студенту доступны только после успешного тестирования по материалам темы 1.

Применение в SMART системе графического образования траектории изучения дисциплины, определяет необходимость взаимосвязи автоматизированной системы выдачи заданий (АСВЗ) с автоматизированной системой контроля знаний студентов (АСКЗС). Это необходимо, поскольку одним из компонентов траектории изучения графических дисциплин является тестирование. Этот компонент является одним из важнейших, поскольку только последовательное

освоение теоретического материала и приобретение соответствующих практических умений способствует формированию компетенций необходимых для создания и чтения конструкторских документов.

Своевременное обновление методической базы SMART системы графического образования позволяет формировать компетенции необходимые для создания и чтения конструкторских документов в соответствии с современными требованиями производства.

Список литературы

1. Шубина, И. В. СМАРТ и развитие современного образования. / И. В. Шубина // Экономика, Статистика и Информатика. – 2015. – №3. – С. 17-19.

2. Махотин, Д. А. SMART в образовании: новый подход или влияние технологий? / Д. А. Махотин // Интерактивное образование. – 2018. – №5 – С. 13-15.

3. Шевцова, И. В. Учебно-методическая поддержка студентов в учебном процессе с использованием свободных веб-сервисов / И. В. Шевцова // Сборник докладов и тезисов Форума Преподаватель в среде e-learning. Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. Москва: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2014. – С. 142-146.

4. Ивлев, А. Н. Концепция SMART системы графического образования / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIX международной научно-методической конференции; Воронеж, Воронежский государственный университет, 14–15 февраля 2019 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО Вэлборн»), 2019. – С. 1996-2000.

5. Пат. 177622 Российская Федерация, МПК7 G06F 15/00. Устройство, реализующее функции экспертной системы оценки эффективности методики преподавания [Текст] / Ивлев А. Н., Терновская О. В.; заявители и патентообладатели: Ивлев А. Н., Терновская О. В. – № 2017115102; заявл. 27.04.17 ; опубл. 02.03.18, Бюл. 7 – 5 с.: ил.

Проблемы образования и перспективы развития информационной составляющей в вузах

С. Р. Каберов, email: sanek11.91@inbox.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы разработки и использования новых информационных технологий, ориентированных на реализацию целей обучения и воспитания.*

Ключевые слова: *образование, модель обучения, информационно-технологическое обеспечение, методическая система.*

Введение

В условиях информатизации общества, высшего образования, насыщения учебного процесса современными информационными и телекоммуникационными средствами, требуется по-новому оценить проблему его всестороннего обеспечения. Это связано с тем, что обучение не стоит на месте, оно постоянно развивается и дополняется.

Если посмотреть на этапы развития различных видов обеспечения учебного процесса в вузе, то можно заметить, что их рассмотрение напрямую связано с совершенствованием отдельных компонентов методической системы обучения. Эта связь очевидна со становлением различных методов обучения и появлением огромного потока постоянно обновляющейся информации. В сложившихся обстоятельствах обучающиеся подошли к новому глобальному процессу как «информатизация». Информатизация образования, понимается, как процесс обеспечения системы образования теорией и практикой новыми информационными технологиями, ориентированные на реализацию целей обучения и воспитания, и основанных на частных методиках обучения [1].

1. Задачи информационной составляющей в обеспечении обучения

По аналогии информационно-технологическое обеспечение целесообразно рассматривать с позиций широкого использования в образовательном процессе высшей школы информационных средств и информационной продукции учебного назначения, а также современных технологий обучения.

© Каберов С. Р., 2020

В качестве методологической основы информационно-технологическое обеспечение учебного процесса выступает теория дидактического единства содержательной и процессуальной сторон обучения. Согласно данной теории, содержательная и процессуальная стороны обучения неразрывно связаны между собой. Изменение любой из них приводит к изменению другой. С этих позиций информационно-технологическое обеспечение учебного процесса предполагает включение двух составляющих – информационной и технологической.

Информационную составляющую, реализующую содержательный аспект обучения, целесообразно рассматривать в контексте задачи полного и адекватного предоставления обучающимся и педагогу учебной и другого рода вспомогательной информации, способствующей достижению поставленных дидактических целей и обеспечивающей достижение гарантированного педагогического результата. Раньше в условиях информатизации обучения эта задача решалась, как правило, использованием в учебном процессе соответствующих дидактических средств – программных педагогических продуктов. Они специально разрабатывались в интересах реализации определенной методики обучения, или, как свидетельствует педагогическая практика, уже под готовые программные продукты формировалась соответствующая методика их применения. В совокупности методика обучения и поддерживающие ее программные продукты составляли программно-методические комплексы, выступающий в качестве основы программно-методического обеспечения. Такой подход и сегодня имеет широкое применение в ряде высших учебных заведений, но у него есть и ряд серьезных недостатков [2]:

– в условиях информатизации учебного процесса применение цифровых методических комплексов позволяет успешно решать лишь достаточно узкий класс частных дидактических задач, направленных в основном на достижение тактических учебных целей. Это обусловлено изначальной их ориентацией на определенную методику обучения;

– большинство из применяемых сегодня в высшей школе цифровых методических комплексов носит узкоспециальный характер, определяемый методикой проведения отдельных видов учебных занятий в рамках изучаемой предметной области. Это значительно ограничивает возможности их применения за пределами одного вуза;

– цифровые методические комплексы, используемые при изучении одной учебной дисциплины, слабо интегрируются в единую дидактическую систему с целью решения общих (стратегических) задач профессиональной подготовки специалистов конкретного профиля;

– программные продукты, входящие в состав цифровых методических комплексов, часто разрабатываются на разной программно-технической базе, что также существенно затрудняет их системную интеграцию и применение в единой информационной среде вуза;

– в абсолютном большинстве случаев цифровые методические комплексы ориентированы только на компьютерные методы обучения, и поэтому в их состав не включаются такие дидактические средства, как методические разработки и учебные материалы.

Все это свидетельствует о том, что, актуален поиск путей устранения указанных недостатков.

Информационная и технологическая составляющие объективно связана с процессом цифровизации обучения, происходящим в вузах страны. Сейчас уже недостаточно говорить о хорошей или плохой подготовке выпускников учебного заведения. В настоящее время стоит задача обучения обучающихся с гарантированным качеством, позволяющим им активно реализовывать свои знания, навыки, умения, свой творческий потенциал в условиях будущей профессиональной деятельности. Решение этой задачи может быть обеспечено на базе применения в учебном процессе современных технологий обучения, основанной на цифровизации обучения [3].

Рассмотрим, какое место занимает технология обучения в структуре информатизации, в чем проявляются особенности ее использования.

Во-первых, технология обучения в рамках названного вида обеспечения выполняет связующую функцию, т.е. является как бы стержнем, вокруг которого формируется необходимая информационная среда, способствующая активному педагогическому взаимодействию преподавателя и обучающихся.

Во-вторых, при ее проектировании педагогом изначально, в соответствии с целями и содержанием обучения, решаемыми задачами и используемыми методами, определяются структура и содержание дидактических комплексов. В этом случае последний выступает в качестве ключевого элемента технологии и, по существу, служит ее основой.

В-третьих, в рамках информационно-технологического обеспечения, технология обучения рассматривается не как процесс обучения, а как, результат его проектирования и конструирования преподавателем в соответствии с целями и задачами подготовки специалиста с заданными профессиональными качествами личности. Технология обучения в рамках рассматриваемого вида обеспечения

может быть реализована в виде технологической карты, которая представляет собой некий паспорт проекта будущего учебного процесса с изначально определенными его основными параметрами, обеспечивающими успех обучения: целеполагание, диагностику, логическую структуру проекта, дозирование материала и контрольных заданий, описание дидактического процесса в виде пошаговой, поэтапной последовательности действий педагога с указанием очередности применения соответствующих элементов диагностической карты, систему контроля, оценки и коррекции.

Заключение

В условиях информационно-технологического обеспечения учебного процесса будет правомерно рассматривать технологию обучения не только как процесс или результат его проектирования, но и как специфическое средство, позволяющее организовать технологическое обеспечение учебного процесса. Обучение понимается как дидактическая система, представляющая собой целостное единство функционально и структурно связанных между собой информационной и технологической составляющих, подчиненных единым целям всестороннего обеспечения учебного процесса. Первая составляющая реализуется в учебном процессе в рамках дидактического комплекса информационного обеспечения учебной дисциплины, а вторая – через спроектированную и осуществляемую преподавателем технологию обучения, которая в материализованной форме может быть представлена в виде технологической карты. Системное использование названных составляющих в их взаимосвязи и взаимодействии, с учетом цифровизации, позволяет педагогу организовывать активное информационное взаимодействие с обучающимися с целью гарантированного достижения обучения и воспитания.

Список литературы

1. Архангельский, С. И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы [Текст] / С. И. Архангельский. – Москва : Высш. школа, 1980. – 368 с.

2. Беспалько, В. П. Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1989. – 190 с.

3. Беспалько, В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения [Текст] / В. П. Беспалько ; Ин-т развития проф. образования. – М.: Изд-во Ин-та проф. образования М-ва образования России, 1995. – 336 с.

Роль видеоматериалов на уроке иностранного языка в формировании коммуникативной компетенции на примере использования собственных видеофайлов

О. Т. Киселева, email: 13nage@mail.ru

МКОУ «Каменская СОШ № 1 с углублённым изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза В. П. Захарченко»

Аннотация. *Рассматривается целесообразность применения видеоматериалов на уроке иностранного языка как средства интенсификации учебного процесса и придания ему максимальной коммуникативной направленности. Описывается методика работы с видеоматериалами, типология упражнений и заданий на разных этапах урока.*

Ключевые слова: *аудиовизуальные средства обучения, видеоурок, индивидуализации обучения.*

Введение

Овладеть коммуникативной компетенцией на иностранном языке, не находясь в стране изучаемого языка, дело весьма трудное. Поэтому важной задачей преподавателя является создание реальных и воображаемых ситуаций общения на уроке иностранного языка.

Наряду с этим важно дать учащимся наглядное представление о жизни, традициях, языковых реалиях, говорящих на немецком языке стран. Для решения этой важной проблемы необходимо использование современных технологий. Современные технологии позволяют нам расширить рамки урока и приводят к необходимости использования новых форм обучения. Одной из таких форм является видеоурок.

Такое ценное качество видео, как сочетание яркой формы видео-наглядности с возможностью многократного предъявления, с каждым годом находит всё большее признание в качестве эффективного обучающего средства при изучении иностранных языков.

Обучающая и воспитывающая функции использования видеоматериалов обуславливаются высокой эффективностью воздействия наглядных образов. Информация, представленная в наглядной форме, является наиболее доступной для восприятия, усваивается легче и быстрее.

Применение на уроке аудиовизуальных средств обучения - это не только использование ещё одного источника информации.

© Киселева О. Т., 2020

По сравнению с другими средствами наглядности аудиовизуальные пособия, несомненно, вызывают более разнообразные психические процессы, а также предполагают значительную перестройку психической деятельности, учащихся, и, прежде всего таких её сторон, как внимание и память Тем не менее, эффективность работы зависит не столько от точного определения места включения видео в систему обучения, сколько от рационально организованной структуры видеозанятия [1].

Более того, использование видеозаписей, сделанных учащимися самостоятельно на уроках способствует индивидуализации обучения и развитию мотивированности речевой деятельности обучаемых. При этом развиваются два вида мотивации: самомотивация, когда материал интересен сам по себе, и мотивация, которая достигается тем, что ученику будет показано, что он может понять язык, который изучает. Это приносит удовлетворение и придает веру в свои силы и желание к дальнейшему совершенствованию. Необходимо стремиться к тому, чтобы ученики получали удовлетворение от видеоматериала именно через понимание языка, а не только через интересный и занимательный сюжет.

Таким образом, психологические особенности воздействия учебных видеоматериалов на учащихся способствуют интенсификации учебного процесса и создают благоприятные условия для формирования иноязычной коммуникативной компетенции школьников.

1. Этапы и приемы работы с видеоматериалами на уроке иностранного языка

Поскольку работа с видеотекстами похожа на работу с книжными или газетными текстами, выделяют три основных этапа: предтекстовый этап, текстовый этап, послетекстовый этап.

На предтекстовом этапе необходимо мотивировать учащихся, снять возможные трудности восприятия текста и подготовить учащихся к успешному выполнению задания. Учитель должен обратить внимание учащихся на тот факт, что в фильме будет ранее неизвестная информация. Просмотром видеоматериалов можно завершать цикл уроков по какой-либо теме или проблеме.

Учащиеся заранее получают задание на изучение конкретного материла, что логично подготавливает их к просмотру видео.

Предварительное чтение текстов и обсуждение проблем по той же тематике на иностранном языке, также способствуют повышению мотивации в ходе просмотра видео при условии, что видеосюжет открывает новые перспективы видения данной темы, содержит элемент новизны и непредсказуемости.

На предтекстовом этапе выполняются следующие задачи:

– актуализация фоновых знаний учащихся;
– возбуждение интереса к просмотру видео;
– снятие смысловых, лексических и грамматических трудностей.

Цель второго этапа: уяснение учащимися содержания фильма, активизация речемыслительной деятельности учащихся. На этом этапе могут быть использованы следующие упражнения:

– стоп-кадр (остановка фильма, вопрос: «О чём шла речь?»);
– «молчаливый просмотр» (показ части фильма без звука);
– восстановить текст (по ходу просмотра заполнить пропуски в тексте, записанном на листке-распечатке).

Ко многим видеофильмам есть готовые разработки, которые предлагают такие упражнения, как: ответить на вопросы, дополнить предложение, «Richtig oder falsch?», поставить глаголы в нужном времени и многие другие.

На текстовом этапе выполняются такие задачи как:

– углубление понимания увиденного;
– улучшение всех характеристик понимания (точности, полноты, глубины);
– контроль понимания увиденного.

На третьем этапе организуется речевая творческая деятельность учащихся. Учащиеся описывают кадры фильма (без звука) по цепочке «Снежный ком», учащиеся задают вопросы по содержанию кадра (кадров), учащиеся должны исправить заведомо ложную информацию, учащиеся описывают те кадры фильма, где была представлена новая информация. В качестве домашнего задания может быть предложено учащимся создать минипроекты, на основе информации из просмотренных видеофильмов. Это может быть подготовка ролевой игры, в основу которой положен сюжет или ситуация видеофильма.

На послетекстовом этапе осуществляются задачи:

– интерпретация увиденного
– выражение собственного отношения к проблеме, которой было посвящено видео
– пересказ увиденного
– написание аннотации [2].

Очевидно, что задания, присутствующие на каждом из этапов, направлены на выполнение вышеперечисленных задач. Так же следует отметить, что до начала демонстрации учителю следует выяснить, правильно ли учащиеся понимают название видеофрагмента, потому что неточность или неправильность понимания названия может привести к неправильной направленности мысли учащихся.

2. Использования собственных видеофайлов на уроках немецкого языка

Есть ряд ситуаций на уроках, когда видео может быть особенно полезным. А видеоролики, снятые самими учениками, несут в себе ещё большую пользу.

Да, существует множество требований к видеофайлу:

1. Требование к съемке:

– изображение и звук должны быть четкими и качественными;

– необходимо наличие крупных планов с показом говорящего и сочетание их с общими планами, с показом ситуаций;

– мимика персонажей должна быть видна четко;

– необходимо наличие сцен с использованием жестов, реакций слушателей в разных ситуациях.

2. Требование к сюжету:

– должна прослеживаться четкая связь между сюжетом и содержанием диалогов в сценах.

3. Требования к речи персонажей:

– на начальном этапе работы с видео речь должна прослушиваться достаточно ясно, без посторонних и фоновых шумов;

– речь должна быть достаточно четкой и не слишком быстрой;

– желательно, чтобы акцент или диалект говорящего был понятен учащимся.

4. Требование к языку:

– язык должен быть современным, соответствующим требованиям и нормам литературного языка, из тех областей, с которыми чаще всего придется сталкиваться учащимся (однако, во многих случаях данный выбор определяется задачей урока);

– необходимо наличие естественных пауз между высказываниями;

– жаргонные выражения и восклицания должны быть достаточно короткими и не слишком сложными для понимания;

– текст не должен быть перегружен новыми словами, выражениями и незнакомыми жестами.

5. Требования к длительности сюжетов:

– сюжеты должны занимать не более 10-15 минут или делиться на смысловые отрезки, которые можно повторять несколько раз за период урока;

– все отрезки должны иметь законченный сюжет.

6. Требования к содержанию:

– ситуации должны быть типическими, такими, которые могут встретиться учащимся в практике;

– хорошо, если сюжет может быть впоследствии пересказан учащимися в виде законченного рассказа, с которыми можно работать далее в других формах [3].

Такого результата можно добиться от старшеклассников, а сейчас пойдёт речь об учащихся среднего звена.

Во время работы над темой «Bei Gabi zu Hause. Was sehen wir da?» «В гостях у Габи. Что мы видим?» было отработано много лексики по теме и грамматический материал «Предлоги дательного падежа». Затем мы перешли к описанию комнат в доме Габи. Это очень трудная и кропотливая работа, и честно сказать неинтересно описывать какие-то комнаты какой- то незнакомой девочки.

Детям было предложено придумать интересный проект по этой теме. И результат был неожиданным. Поступило предложение сделать видеофильм «В гостях у друга». При реализации этого проекта можно решить целый ряд практических задач:

– представить монологическое высказывание;
– практиковать навыки аудирования;
– использовать речевую ситуацию для отработки лексических и грамматических навыков;
– отработать навыки описания и пересказа;
– пополнить словарный запас;
– стимулировать общение и дискуссию.

А самое главное создать ситуацию успеха так необходимую каждому ученику.

После того как тема проекта была определена, зашла речь о требовании к сюжету: четкая связь с темой урока, звучащий текст не должен содержать много незнакомой лексики и не должен быть длинным. Каждый ученик определился, кто какую комнату в своём доме будет описывать и какую лексику будет использовать. Некоторым ученикам было дано дополнительное индивидуальное задание: пропустить лексические единицы или допустить грамматические ошибки. Выполнение этого задания оказалось интересным не только для них самих, но и для одноклассников.

Так же учитель должен выполнить следующие задачи:

– помочь учащимся преодолеть языковой барьер;
– обеспечить поступательность в нарастании сложности заданий;
– создавать соответствующий эмоциональный настрой;
– обеспечить «реальность», а не «искусственность» речевых ситуаций.

Подготовленное учащимися видео было использовано на всех этапах урока: «Определение темы урока», «Речевая зарядка»,

«Систематизация знаний», «Применение знаний и умений в новой ситуации», «Контроль усвоения, обсуждение допущенных ошибок и их коррекция», «Рефлексия», «Совершенствование лексико-грамматических навыков».

Вот пример применения видео на этапе «Совершенствование лексико-грамматических навыков». После просмотра учащимся было предложено исправить грамматические ошибки в видеоролике. Для этого повторили следующие грамматические правила: порядок слов в простом повествовательном предложении, склонение определённых и неопределённых артиклей и предлоги места. Работа с предлогами проводилась одним из учеников при помощи интерактивной игры «Коты и ящики». Далее видеофайл просматривался поэтапно и учащиеся строили предложения без лексических и грамматических ошибок. Такой приём работы называется «Лови ошибку».

На этапе работы по развитию навыков аудирования задание звучало так: «Прослушайте запись, постарайтесь понять о какой комнате идёт речь». После прослушивания учащиеся озвучивали свои версии и сверяли затем свои ответы уже с видеозаписью. Большой интерес у учеников вызвало задание «Угадай о каком предмете идёт речь». Дети слушали описание предмета, отгадывали его название и записывали в тетрадь, а затем отгадка появлялась на экране. Игра «Видеопереводчик» также позволила учителю проверить знание изученного лексического материала. Конечно же выполнение этого сложного домашнего задания не обошлось без помощи родителей. А это огромный плюс в работе школы. Ведь родителя сейчас так редко общаются со своими детьми.

Заключение

Исходя из выше изложенного, рассматривая преимущества использования видео на уроках немецкого языка, следует обозначить следующие его бесспорные достоинства:

- совершенствование языкового уровня;
- создание благоприятного психологического климата;
- повышение мотивации учащихся и их интереса к предмету;
- самоутверждение учащихся;
- возможность реализации индивидуализации обучения;
- реализация принципа обратной связи;
- сочетание контроля и самоконтроля;
- объективная и своевременная оценка действий учащихся;
- активизация навыков самостоятельной работы.

При этом использование видеофайлов позволяет перейти:

- от обучения как функции запоминания к обучению как процессу умственного развития;

– от статической модели знаний к динамической системе умственных действий;
– от ориентации на усреднённого ученика к дифференцированным и индивидуальным программам обучения;
– от внешней мотивации обучения к внутренней нравственно волевой регуляции.

Таким образом, по окончании урока работа над проектом при использовании видеосюжетов, снятых и озвученных самими учащимися, была завершена. Мы побывали в гостях у всех одноклассников. Каждый получил возможность применить свои лексические, грамматические навыки и навыки аудирования на практике. Подготовка к защите проекта проходила дома в спокойной обстановке. Ведь не все дети свободно выступают перед аудиторией, а так каждый получил возможность продемонстрировать свои способности в устной речи. Цель проекта: создание собственного видеофильма и ситуации успеха была достигнута.

Список литературы

1. Соловова, Е. Н. Методика обучения иностранным языкам. Продвинутый курс : пособие для студентов педагогических вузов и учителей / Е. Н. Соловова. – 2-е изд. – М.: Астрель, 2010. – 270 с.

2. Мятова, М. И. Использование видеофильмов при обучении иностранному языку в средней общеобразовательной школе / М. И. Мятова // Иностранные языки в школе. – 2006. – № 4. – С. 21-22.

3. Гафарова, А. С. Работа над видеофильмом на уроке немецкого языка / А. С.Гафарова // Большое евразийское партнёрство: лингвистические, политические и педагогические аспекты: сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции (г. Москва, 15 декабря 2017 г.) [Электронный ресурс] / редкол.: И. Ф. Беляева (отв. ред.), Е. П. Савченко (отв. сек.). – М.: ИИУ МГОУ, 2018. – С. 189-198.

Обучение детей в эпоху цифровизации

М. Н. Князев, email: maks@icmail.ru

МБОУ СОШ № 60, г. Воронеж

Аннотация. *Информационно-коммуникационные технологии изменили мир и изменили ценности и взгляды человека в этом мире. В данной статье, опираясь на личный опыт, автор размышляет о возможных формах проведения урока в современной школе и принципах обучения..*

Ключевые слова: *интернет, поколение Z, гаджеты, современный урок, практические задачи.*

Введение

Современные дети, которые родились с 1995 по 2005 годы, относятся к диджитал-поколению. Это «цифровые аборигены», родившиеся, кто с клавиатурой и кнопочным телефоном в руках, а кто с коммуникатором, со смартфоном и планшетным компьютером. Многие считают, что современные дети, так называемое поколение Z (в терминах американских ученых Нейла Хоува и Вильяма Штрауса [1]), не способны учиться, но, скорее всего, это мы не можем подстроиться под них. У поколения Z свои особенности. Вместо того чтобы их отвергать, нам нужно понять их и приспособиться к ним. Они не знают, каким был мир до интернета, и это определяет их ценности и взгляды.

1. Специфика представителей поколения Z

Когнитивная, личностная, ценностно-смысловая, эмоциональная сферы представителей поколения Z изучались различными исследователями достаточно глубоко (см., например, [2–4]). Так, в работе [3] замечено, что современные дети – это в большинстве своём техноголики, прагматики, они независимы, многозадачны, социально открыты и очень требовательны.

Социально открыты, потому что любят общаться и осуществляют своё общение в социальных сетях или с помощью мессенджеров, которые установлены в их смартфонах. Независимы, потому что всё легко находят в интернете в готовом виде и преуспели в технологии поиска готового, написанного, сделанного. Пример: проводился в классе эксперимент, цель которого – выяснить, насколько современные дети независимы от учителя как источника информации и насколько дети

© Князев М. Н., 2020

следят за тем, на каком материале учитель остановился. Однажды на уроке я попросил учащихся прочитать наизусть стихотворение А.Ахматовой «Мне голос был…», хотя его не задавал учить наизусть, мы его даже не читали на уроке. К удивлению, текст стихотворения был найден практически сразу и «отчитан» наизусть – со спрятанным под партой смартфоном. Тот факт, что текст читался на уроке впервые, не вызвал у детей никаких вопросов.

В обществе есть предубеждение, что поколение Z разучилось думать, они вырастают некреативными людьми. Техноголики, потому что единственным источником информации, товаров, развлечений (фильмов, книг, музыки) и всего прочего считают интернет, привыкли доверять ему, принимать получаемую информацию за аксиому. Для социализации и развлечений дети приносят в школу так называемый Блютуз лаудспикер (Bluetooth loudspeaker) – аудиоколонку, воспроизводящую звук дистанционно от сопряжённого с ней смартфона. Чтобы дети от скуки не срывали урок этим оборудованием, учитель может использовать устройство на своём уроке, предварительно предупредив, что не будет передавать его родителям, для музыкального сопровождения начала нового этапа урока, для генерации идей на этапе написания письменной работы (многие учащиеся дома пишут под музыку, надевая гарнитуру). Ещё лаудспикеры нужны для воспроизведения и отчётливого прослушивания в дальней части аудитории учебных аудиофайлов, урока на YouTube и файлов в интернете.

Прагматики, потому что свой материальный достаток ставят в прямую зависимость от своей известности в обществе и целенаправленно идут к известности, создав свой канал, сайт, страничку в социальных сетях.

2. Урок сегодня

Учитывая сказанное, могу предположить, что современный урок с этими ребятами не может быть похож на урок, который проводили учителя даже 10 лет назад – урок будет для них неинтересен и, возможно, непродуктивен. Их личностные особенности в современной методике надо использовать, а не подавлять и тем более не запрещать им пользоваться гаджетами. Это контрпродуктивно.

В обществе бытует мнение: на уроке учащиеся должны внимательно слушать учителя, записывать материал, вести себя тихо, спокойно, поднимать руку перед ответом, отвечать, встав рядом с учебным местом и т.д. Весь этот церемониал, как принято считать, – признак уважения к учителю. Всё выходящее за рамки такого стандартного поведения со стороны учащегося – отклонение от нормы,

проявление невежества, невоспитанности, неуважения, со стороны учителя – отсутствие надлежащего контроля за классом. Так было всегда, пока учитель оставался единственным источником информации и не появился интернет и доступные цифровые устройства.

Интернет стал настолько доступен, что вы приходите на урок, заявляете тему урока, готовы читать лекцию, ожидаете от обучаемых, что они будут вас слушать, конспектировать ваши слова, а детям неинтересно: они уже ознакомились со всей теорией прямо во время лекции, даёте задачу по изучаемой теме, а они готовы предоставить вам решение этой задачи, просите записать правило, а дети не хотят записывать (или делают вид, что записывают), потому что интернет под рукой. В наше время ничто не становится тайной: ни ключи к задачам, ни авторские тексты контрольных работ. В широком доступе все справочные и учебные материалы и в текстовом, и в видеоформате, всё легко находится в интернете по ключевым словам документов, по любым фразам и даже отдельным словам, написанным в документе. Современные технологии используют умный поиск, например, технология Smart Reply на Mail.ru анализирует текст письма и предлагает готовые ответы.

Каких же принципов следует придерживаться учителю при обучении поколения Z? Во-первых, учитель должен ответить на важный вопрос: что его ученики не в состоянии пока сделать в эпоху развития умных технологий? Как правило, это самостоятельно запустить образовательный процесс в группе без участия учителя, мыслить творчески и на практике применять полученную информацию, например, на основе сходства и аналогии.

В целом нужно учитывать, что поколение Z привыкло к обучению в социальной среде, следовательно, рекомендуется организовывать групповую проектно-исследовательскую деятельность, если она будет осуществляться удалённо – тем лучше. В процессе работы над проектами учащиеся развивают критическое мышление, творческий потенциал, на практике учатся целенаправленно использовать информационно-коммуникационные технологии.

Важно помнить, что дети зависимы от поисковиков и в силу своего возраста теряются в массе поступающей к ним информации, не умеют распознавать фейковую и недостоверную информацию. Этому нужно учить. Учить также нужно эффективно работать в группе, эффективно работать над проектом.

Во-вторых, учитель должен создавать на уроке атмосферу взаимопомощи: ученики должны помогать друг другу с заданиями. Поколение Z – мобильное, они живут в социальных сетях и практически

не видят грани между реальным и виртуальным миром: рекомендуется организовывать такой формат обучения, который доступен на гаджетах и в любом месте. За своё старание современные дети очень любят похвалу и признание.

В-третьих, нужно пересмотреть темы уроков. Они должны быть актуальны и прагматичны, например: Каким образом герой такой-то повести построил отношения? Как и где такой-то герой искал заработок и в чём, по вашему мнению, его ошибка? Где найти свою любовь? Прочитали стихотворение. А вы смогли бы написать такие стихи?

По нашему убеждению, начинать проводить современный урок следует с очень короткого вступления по изучаемой теме, а дальше дать учащимся свободу самостоятельного творческого поиска – возможность на своих гаджетах самим найти всю информацию. Будет интереснее, если она с разных сайтов, но учитель может настаивать выйти только на один сайт, если этого требуют цели урока. Хорошо для этого подходит Dnevnik.ru для учителей, родителей и учащихся, которым пользуются в настоящее время все участники обучения и на котором учитель может размещать свои файлы. Файлы txt-формата – самые практичные, потому что читаются на всех устройствах и мало весят, к тому же решается вопрос с выдачей раздаточного материала.

Поколение Z – поколение людей с активной жизненной позицией, поэтому необходимо, насколько это возможно, максимально загружать детей различными формами деятельности, в том числе и групповыми, «наставническими» формами сотрудничества – сильный ученик помогает слабому. А что учитель? Учитель запускает сам процесс обучения, направляет, контролирует его ход, оценивает, хвалит, указывает перспективы дальнейшей деятельности. Так решается вопрос с «обратной связью». Нужно постоянно сохранять и удерживать внимание учащегося.

Современный урок должен быть ориентирован на решение практических задач. Мы переключаемся на развитие навыков. В этом цель и одновременно вся мотивация учебной деятельности. Дети любят на уроке решение различных практических задач. Таким образом, итогом вот этого поиска информации на уроке должен быть выход на получение нового знания либо на применение полученных знаний на практике. Если задания будут индивидуальными, но решаться в группе путём наставнической практики – тем лучше, но эффективным механизмам взаимодействия тоже надо учить.

Могу предложить следующие образцы практических задач, которые можно использовать, например, на обобщающих этапах урока по литературе.

– В Москве на Тверской улице устанавливают новый памятник писателю И.А.Гончарову. Подберите строчку (предложение) из его произведений, которая могла бы быть написана на мемориальной табличке.

– На прошлой неделе был обнаружен никому ранее не известный архив А. Н. Островского, из которого следует, что, по замыслу драматурга, Катерина Кабанова, спасённая Кулибиным из реки, пришла в себя и… Дальше записи нельзя прочесть – они сильно пострадали от сырости. Восстановите сюжет, учитывая характер героини.

– Какое стихотворение Ф. И. Тютчева порекомендовали бы вы выучить своей младшей сестре, чтобы рассказать дедушке Морозу на Новый Год? Свой выбор обоснуйте.

– Чем я отличаюсь от Ильи Обломова?

– Назовите автора следующего отрывка/стихотворения (далее читают текст).

– «Фальшивый текст»: выбрать отрывок, который не принадлежит перу автора.

– Вы открываете свой книжный магазин/клуб. Дайте ему название, чтобы оно отражало суть продаваемой/декламируемой там классической литературы.

– Ваня учил уроки и забыл, чьё это стихотворение. Установите название произведения и его автора.

– Работа с мемуарами писателя: о каком своём произведении он говорит здесь?

– В своём дневнике такого-то числа автор нарисовал набросок/эскиз своего героя. Что этот эскиз говорит о характере этого персонажа? Соотносится ли он с тем, как он дан в тексте романа?

– Сочините продолжение стихотворения, соблюдая авторский размер и рифму.

– Какую мысль автора взяли бы вы для доказательства того, что…

– Исправьте ошибки, допущенные автором этого сочинения при анализе следующего эпизода:…

– Для уроков установления межпредметных связей – история и литература: есть ли в этом фрагменте фактическая ошибка, допущенная автором?

– Для уроков установления межпредметных связей – математика и литература: найдите в тексте, сколько раз употребляется слово … (при компьютерном поиске) и что это значило бы?

– Составьте таблицу, показывающую отношение количества таких-то слов к такому-то контексту. Постройте график зависимости X от Y. Можно просить придумать самостоятельно критерии сравнения и

основания для построения графиков. Может быть, удастся написать уравнение/формулу.

– Какие глаголы – статичные или движения – преобладают в эпизоде «Размышления Андрея Болконского у дуба» в романе «Война и мир» Л. Н. Толстого? О чём это говорит?

– Согласны ли вы с мнением автора по вопросу…

– Как иначе поступили бы вы на месте героини романа в этом эпизоде:…

– Перечислите черты светской жизни в романе А.С.Пушкина «Евгений Онегин», нашедшие отражение в жизни современных воронежцев.

– Знал ли Родион Раскольников о существовании презумпции невиновности? Докажите текстом романа «Преступление и наказание»/выберите из предложенных эпизодов тот, который даёт ответ.

– Мой урок литературы/мой писатель/моя тема, которую хочу изучать.

Определённым условием, ограничивающим учителя в выборе указанных приёмов, является возраст обучаемых и степень владения ими технологиями информационного поиска. К слову считаю, что в начальной школе непосредственно на уроке использовать электронные устройства нет необходимости и лучше сосредоточиться на репродуктивной деятельности. Если отдельные учащиеся будут использовать смартфоны, учитель должен очень тактично, мягко выводить их за скобки урока, т.е. игнорировать сведения, полученные из сети, не оценивать, не комментировать их. Со временем учащийся поймёт, что такая его работа бесполезна.

И ещё. С развитием информационно-коммуникационных технологий связывается возникновение ряда проблем, основная из которых – активное противодействие со стороны общества использованию учеником смартфона на уроке вплоть до полного запрета из-за предубеждения (некая презумпция виновности), что ученик обязательно будет использовать цифровое устройство не по назначению: отвлекаться, играть в игры, фотографировать всех, слушать музыку, вести онлайн-трансляцию с урока. К слову сказать, все эти реакции – это вполне нормальный запуск психологического противодействия воздействию извне, способ психологической защиты от негатива окружающего мира и – уже – от негатива педагогического воздействия на этого человека. Так человек хочет сказать педагогу, что он не приемлет урок в таком виде, в каком он проходит, не желает, чтобы его обучали этим способом. Итак, если использование смартфона не по

назначению имеет место быть, то является скорее сигналом о неэффективно построенной коммуникации на уроке и – шире – сигналом неэффективной воспитательной работы. В конечном итоге ученик может воспользоваться и обычным карандашом: рисовать на уроке карикатуры, играть в «крестики-нолики», писать товарищам записки, если урок для него неинтересен и не значим, и смартфон здесь ни при чём. Возможно, запрет использования гаджетов на уроке и миф об их фатальном вреде на взрослеющий организм всего лишь бесплодная попытка оградить учителей от буллинга или следование инструкциям, письмам вышестоящих органов. Нужна последовательная, но в то же время мягкая, без назидательной формы, постоянная просветительско-воспитательная работа, направленная на разъяснение учащемуся правил безопасного и эффективного с образовательной точки зрения использования цифровых устройств, пользования всемирной паутиной, наглядная демонстрация их неправильного использования.

В сложившейся ситуации разумным видится всё же компромиссный вариант: воздерживаться от использования на уроке смартфонов, планшетных компьютеров, ридеров с выходом в сеть, если в локальных актах образовательного учреждения прописан запрет. Напротив, необходимо использовать методику «перевёрнутого класса», т.е. всю информацию по теме и её анализ учащиеся делают и выписывают в тетрадь дома – до начала актуального изучения в школе на уроке.

Заключение

Младшие представители поколения Z только родились, другие пошли в школу, а старшим уже двадцать пять. Сегодня они составляют четверть рабочей силы мира. При обучении поколения Z стоит помнить, что это поколение будет пользоваться высокотехнологичными вещами, будет владеть профессиями, названия которым еще не придуманы. Они с легкостью осваивают технологии и не представляют мир без цифры, поэтому важнее не передать им теоретические знания, а научить исследовать и познавать мир, ведь цель образования не усвоение знаний, а развитие личности. В будущем будет цениться не то, что люди уже знают, а то, что нового они смогут узнать и применить в работе и в жизни.

Список литературы

1. Howe, N. Generations: The History of America’s Future, 1584 to 2069 / N. Howe, W. Strauss ; New York: William Morrow & Company, 1992. – 544 p.

2. Данилов, А. Н. Поколение Z: раскол традиций или перекодировка культуры / А. Н. Данилов, Ж. М. Грищенко, Т. В. Щелкова // Журн. Белорус. гос. ун-та. Социология. – 2017. – № 1. – С. 109–118.

3. Богачева, Н. В. Мифы о «поколении Z» / Н. В. Богачева, Е. В. Сивак ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. – М.: НИУ ВШЭ, 2019. – 64 с.

4. Кулакова, А. Б. Поколение Z: теоретический аспект / А. Б. Кулакова // Вопросы территориального развития. – 2018. – № 2 (42). – С. 1-10.

Эффективные методы оценки качества знаний учащихся с использованием информационных технологий

Н. В. Кожуренко, email: kozhurenko@msu.by
О. В. Шконда, email: shkonda1205@gmail.com

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение компьютерных технологий для оценки качества знаний учащихся. Особое внимание уделяется использованию интерактивной системы голосования как средства для максимально быстрой и простой проверки глубины знаний учащихся.*

Ключевые слова: *информатизация образования, информационные технологии, оценка знаний учащихся, система голосования и проведения опросов.*

Введение

Широкомасштабное внедрение информационно-коммуникационных технологий в различные сферы деятельности человека способствовало возникновению и развитию глобального процесса информатизации. В свою очередь, этот процесс дал толчок развитию информатизации образования, которая является фундаментальной и важнейшей задачей настоящего времени. Использование достижений современных информационных технологий в образовательном процессе отвечает обновленным целям среднего и высшего образования, которые требуют изменения методов, средств и форм обучения.

Информационные компьютерные технологии в образовательной сфере представляют собой совокупность компьютерных и мультимедийных средств, которые помогают совершенствовать учебный процесс, делая его более эффективным и увлекательным для учащихся. Сегодня учителя имеют возможность использовать информационные компьютерные технологии на уроках по самым разным дисциплинам. Современные технические средства активизируют познавательную деятельность учащихся, позволяют им совмещать практическую и символическую деятельность, и в результате, помогают учащимся лучше усвоить материал, а также углубить свои знания и повысить успеваемость по предмету.

© Кожуренко Н. В., Шконда О. В., 2020

Применение информационных технологий на различных этапах организации учебного процесса позволяет:

- развить у учащихся мотивацию к получению знаний, непрерывному самообразованию;
- существенно сократить временные и иные затраты учителя на решение тех или иных задач (например, при подготовке учителя к уроку, при проверке контрольных работ);
- повысить наглядность, эмоциональную насыщенность образовательной деятельности;
- осуществить детальную диагностику пробелов в знаниях учащихся и их коррекцию и др.

Однако компьютерная поддержка процесса обучения должна гармонично сочетаться с традиционными методами обучения, такими как работа с книгой и живое слово учителя.

Контроль качества знаний чрезвычайно важен для правильного координирования процесса усвоения материала учащимися. Он требует постоянного и полного владения информацией о глубине знаний учащихся и вмешательства, при необходимости, учителя в учебный процесс. В данном случае важно быстро проверить качество усвоения знаний учащимися и своевременно отреагировать на образовавшиеся проблемы в процессе обучения. Имеются разнообразные средства осуществления такого контроля, среди которых – использование системы голосования и проведения опросов с помощью пультов [1].

1. Система проведения опросов

Система проведения опросов – это незаменимый программно-аппаратный комплекс, созданный для сферы образования и образовательных услуг. Она дает возможность сделать процесс проверки полученных знаний максимально простым и быстрым.

Технология работы с интерактивной системой очень проста.

Для аудитории необходим лишь один компьютер, на котором установлено соответствующее программное обеспечение. К компьютеру присоединяется через USB порт радио-ресивер. У каждого учащегося и учителя есть свой беспроводной пульт. Ученики с помощью пультов отвечают на поставленные вопросы, выбирая правильный ответ из нескольких вариантов или набирая свой ответ на пульте, или сообщают учителю о возникших у них вопросах. Посредством радио-ресивера, сигналы с пультов учащихся поступают в компьютер, обрабатываются программой, и моментально выдаются результаты. С помощью своего пульта учитель имеет возможность управлять процессом тестирования [2].

Опросная система позволяет одновременно провести комплексную проверку знаний учащихся всего класса буквально за несколько минут. Полученные данные мгновенно обрабатываются и выводятся на экран. Таким образом процедура получения обратной связи преподавателю от аудитории становится гораздо более эффективной. Система опроса для школы также подходит для проведения различного рода голосований, внутренней аттестации сотрудников, а также для сбора мнений при проведении круглых столов и семинаров [3].

Подобного рода система необходима не только в качестве инструмента для проведения тестирования и опросов, но и как обучающая система.

Для системы проведения опросов и голосования характерны следующие черты:

– объективная оценка знаний учащихся (проставляя оценки, учитель опирается на баллы, полученные в результате тестирования, не принимая во внимание свое субъективное отношение к ученику);

– вовлеченность учеников в учебный процесс (за счет использования на уроках графики, мультимедиа материалов);

– оценка эффективности и качества обучения (применяя новые методики обучения, можно проследить, насколько они эффективны, сравнивая отчеты за разные периоды обучения);

– ответственность учителя за поставленные оценки учащимся (в случае предъявления претензий к учителю со стороны самих учащихся, их родителей, руководства по поводу занижения или завышения оценок учитель может подтвердить поставленную оценку объективными данными из отчетов);

– контроль учителей со стороны директора, завучей, руководства (в любой момент директор или завуч может посмотреть отчеты по любому классу или ученику);

– позволяет проводить не только контрольные и экзаменационные работы, тестирования, но и уроки (данная система позволяет структурировать информацию, выделять наиболее важные тезисы в изучаемом материале, помогает ученикам правильно построить свои ответы, используя слайд – презентации).

Применение системы интерактивного голосования на уроках оживляет учебный процесс своей новизной. При проверке знаний данная система позволяет использовать малое количество времени, тем самым остается больше времени на объяснение нового материала. Ученики лучше воспринимают учебный материал. Работая в духе соперничества, у учащихся повышается интерес к изучаемому предмету.

Интерактивная система голосования и проведения опросов позволяет дать объективную оценку знаний учащихся, максимально вовлекая их в образовательный процесс, заинтересовывая детей к изучению учебного материала, реализовывая творческий потенциал и возможности проявления личных способностей, учащихся на уроке. Она обеспечивает интерактивное общение между учителем и учеником в процессе контроля знаний, проведении вопросников, образовательных игр и другой деятельности, ученики лучше осваивают и запоминают материал.

Система голосования может использоваться для различных целей, но главное ее назначение – это, несомненно, проверка качества знаний учащихся.

Заключение

Систематическое использование электронных мультимедиа технологий в учебном процессе, их органическое сочетание с традиционными формами и методами, а также педагогическими инновациями значительно повышает эффективность обучения детей. При этом происходит качественное усиление результата образования, вследствие одновременного воздействия нескольких технологий.

Сегодня, в век современных информационных технологий, преподаватель имеет возможность выбора среди множества технических и программных средств для использования на своих уроках и лекциях. Система голосования и проведения опросов дает учителю возможность быстро протестировать учеников и получить результаты мгновенно в режиме реального времени. Детальные отчеты помогают преподавателю анализировать ответы учащихся и наиболее полно и объективно оценить уровень их знаний.

Список литературы

1. Звонников, В. И. Современные средства оценивания результатов обучения : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по педагогическим специальностям / В. И. Звонников, М. Б. Челышкова. – Москва : Академия, 2007. – 222 с.

2. Использование VOTUM на уроках [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://votum-edu.ru/page/ispolzovanie-votum-na-urokakh.html

3. Мониторинг знаний на уроке: технология применения интерактивной системы оценки качества знаний VOTUM [Текст] : учебно-методическое пособие для будущих и действующих педагогов / Вайндорф-Сысоева М. Е. [и др.]. – Москва : МГГУ, 2013. – 83 с.

Интерактивный сайт как средство повышения уровня развития обучающихся

Л. Н. Копалиани, email: ramaz-kopaliani@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 25 с углубленным изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза Б.И. Рябцева» г. Россоши Россошанского муниципального района Воронежской области

Аннотация. *Информационно-коммуникационные технологии являются важной частью образовательного процесса и могут быть использованы для достижения различных целей и задач обучения и развития учащихся. Каждый учитель хотя бы раз задумывался о выборе электронной среды для интерактивного развития обучающихся. В настоящее время существует много интернет-сайтов, которые можно использовать для объяснения и повторения изученного материала с учетом уровня развития детей. В данной статье пойдет речь о таких интернет-сайтах.*

Ключевые слова: *интернет-ресурсы, образовательный ресурс ЯКласс, образовательный проект «Облако знаний», онлайн-платформа «Учи.ру».*

Введение

Сегодня развитие образования связано с использованием различных цифровых образовательных ресурсов и широких возможностей, которые предоставляет сеть Интернет.

Информационно-коммуникационные технологии являются важной частью образовательного процесса и могут быть использованы для достижения различных целей и задач обучения и развития учащихся. Если грамотно использовать интернет-ресурсы в школе, то можно достичь высоких результатов в самообразовании и самоконтроле обучающихся, в развитии их познавательной инициативности, интереса и активности, в формировании информационной компетентности [1]. Также ЦОР способствуют созданию ситуаций успеха, повышают уровень комфортности обучения и развития учащихся, их мотивацию и уверенность, а также повышают качество знаний учащихся.

На данный момент сеть Интернет представлена великим множеством электронных образовательных интернет-ресурсов, которые

© Копалиани Л. Н., 2020

можно использовать для объяснения, поиска нового материала, его закрепления, повторения и контроля изученного материала с учетом уровня развития учащихся.

1. Интерактивное развитие обучающихся

Тестовый контроль с помощью компьютера предполагает возможность быстрее и объективнее, чем при традиционном способе, выявить знание и незнание обучающихся. Этот способ организации учебного процесса удобен и прост для оценивания в современной системе обработки информации [2]. Так, на уроках математики я в качестве проверки знаний использую тесты, созданные в программе iSpring QuizMaker, что позволяет увеличить время для самостоятельного изучения материала, а также помогает осуществлять разноуровневый подход в изучении нового материала.

В сети Интернет широкие возможности представляет интернет-ресурс ЯКласс, который содержит множество вариантов задач по различным предметам и считается самым большим задачником в Интернете. Этот веб-ресурс отличается от других тем, что учащиеся участвуют в онлайн-рейтинге, а это создаёт дополнительную стимуляцию для обучения.

Одним из часто используемых мною образовательных проектов является «Облако знаний», в котором используется современный комплексный подход в развитии и обучении детей. Этот проект представлен большим ассортиментом материалов для обучения: учебники, задачники, тренажеры, экзаменаторы, рабочие тетради. Этот образовательный ресурс работает на всех современных операционных системах, а также и на мобильных, вся работа проходит в облаке.

Уникальный, доступный и интересный для совместной работы учителя и ученика, всероссийский портал, соответствующий всем требованиям ФГОС и примерной основной образовательной программе - Онлайн-платформа «Учи.ру», которая помогает учащимся изучать школьные предметы в домашних условиях в интерактивной форме.

Проект «Учи.ру» создаёт возможности для реализации межпредметных связей, а также формирует метапредметные и личностные универсальные учебные действия, обеспечивает личностное развитие обучающихся и позволяет реализовать деятельностные модели обучения.

На этой онлайн-платформе весь материал разбит на связанные между собой разделы. Решая задания, учащиеся формируют свою базу знаний и постепенно переходят на более сложные темы, то есть осуществляется разноуровневый, индивидуальный подход в обучении.

Все задания по предметам соответствуют школьной программе. Удобный интерфейс, обучение осуществляется с помощью увлекательных игр, творческих заданий, поучительных мультфильмов — и это дистанционное обучение нравится не только детям, но и родителям, и учителям.

Я, как учитель-предметник, получаю подробный отчет об образовательных достижениях каждого ученика. Всегда могу узнать, какие и сколько заданий сделали ученики, сколько времени было затрачено на их выполнение, какие упражнения и темы вызвали наибольшую сложность, на что нужно обратить внимание при изучении данного раздела.

Ещё одна особенность проекта «Учи.ру» состоит в том, что он даёт возможность для обучающихся участвовать как во внутренних, так и во всероссийских олимпиадах, вырабатывать стремление к знаниям, упорность и целеустремленность.

Одной из самых популярных среди учащихся нашей школы на платформе «Учи.ру» является межпредметная олимпиада «Дино», которая охватывает задания по четырем предметам: русский язык, математика, окружающий мир, предпринимательство. Задания направлены на развитие внимания, логики, нестандартного мышления, пространственного воображения.

Система «Учи.ру» способна анализировать успехи и неудачи моих учеников и разрабатывать для них дальнейшую программу.

Эта платформа подходит и для меня учителя, и для родителей моих учеников, так как даёт возможность для повышения квалификации путём просмотра вебинаров от руководителей проектов, путём участия в семинарах, конференциях.

Платформа «Учи.ру», на мой взгляд, - одна из самых лучших веб-ресурсов для развития интеллекта и способностей обучающихся, которая отличается удобными функциями управления контентом в личных кабинетах ученика и учителя, различными методами эффективной интеграции цифровых моделей обучения.

Специалисты отдела регионального развития платформы «Учи.ру» на тематических вебинарах, семинарах демонстрируют нам слушателям методы структурированного внедрения ИКТ в образовательный процесс и методы повышения познавательной мотивации с помощью цифровых технологий, рассматривают тенденции развития образования, влияние цифровизации на мотивацию учеников, преимущества образовательной платформы «Учи.ру» и практику её применения в школах Российской Федерации.

Заключение

Современное образование отказывается от традиционного представления результатов обучения в виде знаний, умений и навыков. Также изменяются и технологии обучения, внедрение электронных ресурсов открывает значительные возможности расширения образовательных рамок по каждому предмету в общеобразовательном учреждении. Информационные технологии на уроках в условиях введения ФГОС предполагают индивидуальный подход ко всем учащимся, позволяют мне организовать работу в уровневых группах, в парах. Использование образовательных ресурсов в учебном процессе помогают мне повысить качество образования - одной из насущных проблем для современного общества.

Список литературы

1. Селевко, Г. К. Педагогические технологии на основе информационно-коммуникационных средств / Г. К. Селевко. – М. : НИИ шк. технологий, 2005 (ОАО Можайский полигр. комб.). – 204 с.

2. Молчанова, О. П. Образование в эпоху новых информационных технологий (Методологические аспекты) / О. П. Молчанова, Т. П. Воронина, В. П. Кашицин. – ИНФОРМАТИК Москва, 1995. – 220 с.

Опыт использования информационных компьютерных технологий в работе школьного психолога

О. Е. Кузьмина, email: klimkuz@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 69 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение информационных технологий в работе педагога-психолога. В связи с социальной значимостью службы практической психологии в образовании, представляется важным совершенствование применяемых ею методов и средств на современной технической основе. Внедрение компьютерных технологий в психологическую практику позволяет сделать работу школьного психолога более продуктивной и эффективной. При этом использование ИКТ эффективно дополняет традиционные формы работы психолога в школе, расширяя его возможности в организации взаимодействия с другими участниками образовательного процесса.*

Ключевые слова: *программа Microsoft Excel, презентации и медиапрезентации, созданные с помощью программы Microsoft Office Power Point, создание и монтаж видео-роликов, с использованием видеоредакторов Movavi, Windows Movie Maker, ведение электронного журнал учета работ, электронные таблицы, статистический анализ.*

Введение

На современном этапе развития образования ни одна школа не обходиться без психологической службы. Сегодня никого не удивляет присутствие психолога в школе, обращение к нему стало привычным как для детей, так и для педагогов и родителей.

Использование информационно – компьютерных технологий становится неотъемлемой частью образовательного процесса. Учителя предметники используют ИКТ для развития познавательного интереса у обучающихся к предмету, для наилучшего усвоения ЗУН. Так и психологи не остались в стороне [1]. Внедрение современных компьютерных технологий в школьную психологическую практику позволяет сделать работу психолога более продуктивной и эффективной. При этом использование ИКТ органично дополняет традиционные формы работы школьного психолога, расширяя возможности

© Кузьмина О. Е., 2020

организации взаимодействия психолога с другими участниками образовательного процесса.

1. Описание работы педагога-психолога в образовательном учреждении

Информатизацию деятельности педагога-психолога в школе можно рассмотреть по следующим направлениям:

1. Психологическое просвещение и консультирование.
2. Психодиагностика.
3. Коррекция и развитие личности.
4. Психологиеское сопровождение педагогов.
5. Совершенствование профессиональной компетентности психолога.

Психологическое просвещение и консультирование.

Повысить интерес к психологической службе школы, а также поднять уровень психологической культуры всех участников образовательного процесса помогает использование широкого спектра возможностей, предлагаемых ИКТ: презентации и медиапрезентации, созданные с помощью программы Microsoft Office Power Point, создание и монтаж видео-роликов, с использованием видеоредакторов Movavi, Windows Movie Maker, информационный экран, ведение своей странички на официальном сайте школы.

Данные методы позволяют делать представляемую информацию зрительно наиболее воспринимаемой, использовать фотографии, изображения, видео-сюжеты о школьной жизни обучающихся, оформлять диаграммы и графики с результатами диагностирования.

С помощью сетевого взаимодействия можно намного быстрее решить проблему, донести информацию до представителей целевых групп. Сетевое взаимодействие происходит через группу МБОУ СОШ №69 в социальной сети ВК, электронную почту, мессенджерами WhatsApp, Viber, электронную учительскую на единой образовательной сети Дневник.ру.

Психодиагностика.

Электронная система тестирования делает психодиагностическую работу психолога более продуктивной, позволяет экономить временные ресурсы.В психодиагностике можно использовать тесты как из сети Интернет, так и из электронных пособий [2].

В своей практике я использую следующие интернет-ресурсы: «Психологическая лаборатория», Online Test Pad и многие другие. Работа в текстовых редакторах (Microsoft Word, OpenOffice Writer) позволяет подготовить стимульный материал и бланки для психодиагностики, отчетной документации.

Электронные таблицы (Microsoft Excel) – незаменимое и очень эффективное средство для автоматизации обработки результатов психодиагностики, первичного числового анализа полученных данных, наглядного представления их в виде графиков и диаграмм. Кроме того, электронные таблицы использую при планировании своей деятельности и ведения текущей отчетности (квартальные отчеты по различным направлениям: профилактики наркомании, суицидального поведения у обучающихся, работы волонтерского объединения и школьного наркопоста «Рука в руке», службы школьной медиации «Мы вместе», а так же при подготовке статистических анализов своей работы.)

С помощью программы Microsoft Excel [3] можно создавать разные по сложности виды отчетов, как графические, так и текстовые. Электронный журнал может являться основной рабочей документацией педагога-психолога, позволяющей не только структурировать деятельность психолога в образовательном учреждении в целом, но и определить непосредственную нагрузку специалиста, оценить объемные показатели выполнения всех видов работ. Рабочий журнал охватывает основные виды деятельности психолога образования.

В школах Воронежа среди обучающихся 7-11 классов проводится онлайн -тестирование по раннему выявлению лиц, допускающих немедицинское потребление наркотических средств. Процесс подготовки к данному мероприятию позволяет мне развивать умение работать в данной программе: составлять базу данных, использовать результаты для дальнейшей профилактической работы.

Коррекция и развитие личности.

Широкое применение компьютерные технологии получили в коррекционно-развивающей работе школьного психолога. К подобным технологиям относятся компьютерные программы с обучающим и развивающим контекстом. Их использование способствует развитию познавательных процессов у обучающихся, повышению эффективности обучения и учебной мотивации школьников, а также развитию их интеллектуальных и творческих способностей.

В работе чаще всего использую психологические тренажеры, которые нацелены на развитие конкретного свойства, качества или навыка (тренировка внимания, мышления, восприятия). Удобнее всего использовать тренажер в процессе индивидуальной коррекционно-развивающей работы, так как работает с ним непосредственно сам ребенок, а психолог лишь наблюдает за процессом, контролирует правильность выполнения, помогает. Тем более что эффективность занятий от этого только возрастает.

Психологическое сопровождение педагогов.

В процессе взаимодействия с педагогическим коллективом на педсоветах, методическом объединении классных руководителей в системе использую информационные технологии. Знакомлю педагогов с актуальной информацией по различной тематике, разрабатываю для классных руководителей методические рекомендации, памятки, используя интернет ресурсы.

Совершенствование профессиональной компетентности.

Неотъемлемой частью работы любого педагога-психолога является саморазвитие. Представление психолого-педагогического опыта отражает профессиональную культуру психолога, его мастерство, компетентность. Использование ИКТ технологий является на сегодняшний день одним из важнейших факторов в совершенствовании профессиональной компетентности:

– участие в дистанционных профессиональных конкурсах;

– наличие электронного портфолио, печатных публикаций на интернет-ресурсах («Инфоурок», «Социальная сеть работников образования», «Фестиваль педагогических идей »);

– дистанционное прохождение аттестации;

– создание и ведение собственного сайта («Инфоурок», «Социальная сеть работников образования»);

– подготовка и участие обучающихся в дистанционных конкурсах (всероссийская олимпиада по психологии «Психология без границ»);

– прохождение дистанционных курсов, вебинаров, онлайн-конференций («Преемственность в образовании», сайт ГБУВО «Центр психолого-педагогической поддержки и развития детей»).

Интернет предоставляет широкие возможности для общения педагога-психолога с коллегами через профессиональные блоги и форумы, сообщества в социальных сетях, специализированные рассылки на электронный адрес психолога.

Заключение

Таким образом, полноценное осуществление педагогом-психологом профессиональной деятельности сегодня невозможно без использования ИКТ. От этого зависит мобильность, своевременность и эффективность работы психолога.

Можно выделить основные результаты применения электронного журнала, благодаря использования его происходит оптимизация работы психолога за счет сокращения рутинных и трудоемких операций при подготовке документов, статистических отчетов, упрощает подсчет количественных результатов работы службы по различным направлениям работы психологической службы школы.

Список литературы

1. Соловьева, Д. К. Компьютерные технологии для психолога / Д. К. Соловьева // Школьный психолог. – 2009. – № 24. – С. 8-10.

2. Дюк, В. А. Компьютерная психодиагностика / В. А. Дюк. – СПб. : Братство, 1994. – 363 с.

3. Беспалова, Л. В. Технологии создания автоматизированных систем обработки результатов диагностики в программе Microsoft Excel / Л. В. Беспалова, Н. А. Болсуновская. – М.: Владос. – 2006. – 162 с.

Применение информационных технологий в преподавании дискретной математики

Н. П. Можей, e-mail: mozheynatalya@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *В работе описано, как применять информационные технологии в преподавании дискретной математики. Приводятся примеры приложений дискретной математики при анализе эффективности компьютерных алгоритмов, работе с экспертными системами, решении задач маршрутизации, классификации упорядоченных данных и поиска в них, проверке корректности алгоритмов, создании функциональных схем и др.*

Ключевые слова: *дискретная математика, теория графов, информационные технологии.*

Введение

Дискретная математика включает в себя как сложившиеся разделы математики (теория чисел, алгебра, математическая логика), так и ряд разделов, которые наиболее интенсивно стали развиваться в середине 20-го века (теория функциональных систем, теория алгоритмов, теория конечных автоматов и т.п.). Эта область математики привлекается для решения задач на компьютере в терминах аппаратных средств и программного обеспечения с привлечением организации символов и манипуляции данными. Без знания дискретной математики невозможно успешно заниматься информатикой и программированием, однако часто этот курс преподается чисто академически, без демонстрации возможных приложений.

1. Информационные технологии в преподавании дискретной математики

Обсудим проблему изучения дискретной математики студентами специальности «Программное обеспечение информационных технологий» с точки зрения возможных приложений в будущей работе. В курсе «Дискретная математика» рассматриваются элементы комбинаторики, теория множеств и отношений, элементы современной абстрактной алгебры, теория графов, классические понятия теории булевых функций, а также основы теории формальных языков (куда

© Можей Н. П., 2020

включаются теория конечных автоматов, регулярных языков, контекстно-свободных языков и магазинных автоматов). Главная цель изучения дискретной математики – приобрести инструменты и технику, необходимые для понимания и проектирования компьютерных систем.

Дискретная математика развивалась в связи с изучением законов и правил человеческого мышления; мышление реализует себя прежде всего в языке. Поэтому можно считать, что ядром дискретной математики является теория формальных языков. Доминирующим в теории формальных языков является алгебраический подход, в котором используется аппарат, базирующийся на понятии полукольца как алгебраической структуры. Теория формальных языков является базой теории кодирования и криптологии (изучающей методы защиты информации), теории алгоритмов и (в определенном смысле) математической логики. Ранее средства кодирования играли вспомогательную роль и не рассматривались как отдельный предмет математического изучения, но с появлением компьютеров ситуация кардинально изменилась. Кодирование буквально пронизывает информационные технологии и является центральным вопросом при решении самых разных задач программирования. Контекстно-свободные языки – важнейший класс языков; их теоретический анализ является основой многих информационных технологий, таких, в частности, как проектирование компиляторов или разработка лингвистического обеспечения баз данных.

Теория формальных языков существенно опирается на теорию графов. Многие задачи теории языков (например, задача определения языка конечного или магазинного автомата) сводятся к задаче о путях в размеченных ориентированных графах, где множество меток имеет алгебраическую структуру полукольца. Аппарат теории графов широко используется в различных приложениях, в частности, в математическом обеспечении систем автоматизированного проектирования. Основные области его применения – математическое моделирование и задачи структурного синтеза. Моделью компьютерной сети также может служить ориентированный граф, чьи вершины (узлы) – компьютерные компоненты, а дуги – коммуникационные линии связи. Каждая дуга такого графа снабжена весом, обозначающим пропускную способность линии. Как передавать сообщения между несмежными узлами? Процедура статической маршрутизации учитывает информацию о пропускной способности линий для определения фиксированного пути передач между узлами. В целях оптимизации таких путей определяют кратчайшие пути в графе. Однако при таком подходе могут возникать сбои в линиях или узлах сети. Задержки передач могут происходить в

тех случаях, когда превышается пропускная способность линии. Процедура динамической маршрутизации постоянно корректирует пропускную способность линий с учетом потребности. В процессе изучения теории графов в курсе «Дискретная математика» анализируются коммуникационные сети, чьи вершины представляют собой компьютеры, а дуги – коммуникационные линии, связывающие компьютеры, и показывается, как определить фиксированные пути передачи информации между узлами, обсуждается также и процедура динамической маршрутизации, что позволяет студентам лучше разобраться в протоколах передачи информации.

Блок-схема алгоритма также представляет собой ориентированный граф, в котором вершинами являются отдельные операторы, а дуги указывают переходы между ними. На языке теории графов формулируются и решаются многие задачи управления, в том числе задачи сетевого планирования, анализа и проектирования организационных структур, анализа процессов функционирования динамических систем. Двоичные деревья с корнем полезны при решении задач выбора, в частности, классификации упорядоченных данных или поиска в них. Эти данные можно организовать в виде вершин двоичного дерева с корнем в соответствии с их порядком (данные, стоящие в левом поддереве, меньше данных, соответствующих этой вершине, а данные, расположенные в правом поддереве – больше). В качестве применения теории графов в курсе «Дискретная математика» изучаются двоичные деревья для организации упорядоченных данных и поиска информации в них. Преимущество такой организации данных заключается в возможности создания эффективного алгоритма поиска, включения новых данных и вывода всей информации в виде упорядоченного списка.

Одна из важных задач программирования – создание и анализ эффективности компьютерных алгоритмов. Для успешного выполнения такого анализа необходимо научиться измерять затраты алгоритма в терминах времени и компьютерной памяти, в частности, оценивать время, необходимое для вычисления значения функции. Один из способов оценки заключается в подсчете числа элементарных операций, которые производятся при вычислениях. При изучении комбинаторики в курсе «Дискретная математика» проводится сравнение алгоритмов по эффективности (то есть подсчет количества операций, выполняемых алгоритмом), что позволяет применять формулы комбинаторики.

Данные, хранящиеся в компьютере, образуют базы данных. Строки таблиц (с колонками, помеченными множествами) можно представить как подмножество в прямом произведении, такая таблица представляет

собой отношение. Для извлечения информации и изменения содержания таблиц, соответствующих набору отношений, определены основные операции над ними (соединение, выбор…). Дискретная математика помогает студентам осмыслить основные принципы работы с системами управления базами данных, используя теорию множеств и отношений. Кроме того, в качестве примера рефлексивного отношения рассматривается отношение клиент/сервер на множестве узлов одноранговой сети, а в качестве примера антисимметричного отношения – отношение узлов в сетях клиент/серверной архитектуры, примерами кортежей являются координаты посадочных мест элементов в ячейке, блоке и т. п. Примером приложений теории множеств также могут служить экспертные системы (компьютерные системы, которые призваны заменить специалистов в данной области). Эти системы должны уметь отвечать на простые вопросы, что достигается накоплением базы знаний известных фактов вместе с определением набора правил ввода вопросов и вывода ответов, вследствие чего ответы на запросы системы могут быть выведены логическим путем из базы знаний. В учебнике Хаггарти [1] проиллюстрированы некоторые сложности работы с экспертной системой.

Под исчислением предикатов понимается формальный язык для представления отношений в некоторой предметной области. Основное преимущество исчисления предикатов – хорошо понятный мощный механизм математического вывода, который может быть непосредственно запрограммирован. Чтобы доказать корректность алгоритма (убедиться, что он делает то, что предусмотрено), нужно проверить все изменения используемых в нем переменных до, в течение и после работы алгоритма. Эти изменения и условия можно рассматривать как небольшие утверждения или предикаты. На примере различных алгоритмов проводится проверка корректности алгоритмов с применением формальной теории.

С помощью булевой алгебры решаются разнообразные логические задачи, она находит широчайшее применение в технических областях (логический синтез контактных структур, комбинационных и многотактных электронных схем, их минимизация, анализ работы и др.). Одно из основных приложений булевой алгебры – создание функциональных схем, которые можно реализовать в виде электронных устройств с конечным числом входов и выходов. Законы булевой алгебры применяются при построении схем из электронных элементов, позволяя минимизировать схему, упростив булеву функцию, и т.д.

Результат преобразования вход-выход может зависеть не только от того, какая информация в данный момент появилась на входах, но и от

того, что происходило раньше, от предыстории преобразования. Нефункциональные преобразователи дискретной информации, реакция которых зависит не только от состояния входа на данный момент, но и от того, что было на входе раньше, от входной истории, называются автоматами, функциональные преобразователи можно рассматривать как частный случай – автоматы без памяти. Автомат – кибернетическая система, перерабатывающая дискретную информацию и меняющая свое внутреннее состояние лишь в допустимые моменты времени. Информацию, поступающую на вход автомата, принято кодировать конечной совокупностью символов. Такую совокупность называют алфавитом, отдельные символы, образующие алфавит, – буквами, а любые конечные упорядоченные последовательности букв данного алфавита – словами в этом алфавите. Автоматами могут являться как реальные устройства (вычислительные машины, автоматы, живые организмы и т. д.), так и абстрактные системы (формальная система, аксиоматические теории и т. д.). Понятие автомата может служить модельным объектом в самых разнообразных задачах, благодаря чему возможно применение теории автоматов в различных научных и прикладных исследованиях, например, при разработке и реализации сложного поведения в управляемых событиями программах, таких как сетевые адаптеры и компиляторы. Большинство задач теории автоматов – общие для основных видов управляющих систем. К ним относятся задачи анализа и синтеза автоматов, задачи полноты, минимизации, эквивалентных преобразований автоматов и др.

Заключение

Знание теории множеств, алгебры, математической логики, теории графов и других разделов дискретной математики совершенно необходимо для четкой формулировки понятий и постановки различных прикладных задач, их формализации и компьютеризации, а также для усвоения и разработки современных информационных технологий. Понятия и методы теории алгоритмов и алгебры логики лежат в основе современной теории и практики программирования. В данной работе описано, насколько широко можно применять информационные технологии в преподавании дискретной математики.

Список литературы

1. Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов / Р. Хаггарти. – Москва. : Техносфера, 2014. – 399 с.

Использование интерактивных технологий на уроках информатики

С. А. Мячина, email: mychinaSA@yandex.ru

МБОУ БГО «Борисоглебская гимназия №1», г. Борисоглебск

Аннотация. *Интерактивное обучение основано на взаимодействии и сотрудничестве всех обучающихся и педагога. Интерактивные технологии показывают новые возможности в усвоении учебного материала. Интерактивный подход к изучению новых понятий является очень эффективным для обучающихся, а учебная деятельность становится разнообразной и интересной.*

Ключевые слова: *интерактивные технологии, электронные образовательные ресурсы, интерактивные тренажеры.*

Введение

Целью современного образования является воспитание активной, творческой личности, владеющей современными информационно-коммуникационными технологиями, способной включаться в самостоятельный поиск, делать собственные открытия, самостоятельно принимать решения и брать на себя ответственность за конечный результат.

К. Д. Ушинский писал: «...ученье, лишённое всякого интереса, и взятое только силой принуждения, ...убивает в ученике охоту к ученью, без которого он далеко не уйдёт». Поэтому интерес – это ключ к знаниям и его необходимо поддерживать в детях [1]. В этом мне помогают интерактивные методы. Они позволяют вовлечь обучающихся в процесс открытия новых знаний, решать самостоятельно поставленные задачи на основе накопленного опыта, анализа имеющейся информации, способствуют формированию направленности на самообучение и саморазвитие.

Как правило, учителю приходится тратить много времени и сил для того, чтобы ученик хорошо освоил учебный материал, при этом обучающийся не всегда принимает и понимает изучаемый материал, потому что он его не почувствовал, не открыл для себя. А вот с использованием интерактивных технологий на уроке, у ребенка активизируется и развивается творческая и познавательная деятельность.

© Мячина С. А., 2020

1. Использование интерактивных технологий

Современному учителю все сложнее и сложнее видеть себя в образовательной деятельности без помощи компьютера.

Использование различных технологий в практике работы учителя сегодня не мода, не увлечение, а реальная потребность [2]. Интерактивный подход к изучению новых понятий является очень эффективным для обучающихся.

Интерактивные задания подбираются, разрабатываются, основываясь на содержании изучаемых тем, целей и задач уроков. Ни могут сочетаться с активными методами и приемами. Использование цифровых образовательных ресурсов в образовательной деятельности позволяет обеспечить построение траектории развития индивидуальных способностей каждого ученика.

В своей педагогической практике я использую следующие элементы интерактивных технологий:

– тесты;
– электронные образовательные ресурсы;
– интерактивные тренажеры.

На занятиях я использую собственные разработки, используя офисные программы и систему MyTest (рис. 1).

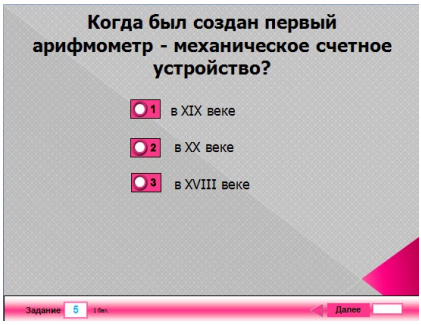


Рис. 1. Тест «История информатики и вычислительной техники»

Кроме того, в последнее время образовательные порталы стали предлагать платформу для создания онлайн тестов, проверочных работ. Например, можно воспользоваться интерактивной образовательной платформой учи.ру, foxford.ru, Якласс и др., где предварительно необходимо зарегистрироваться.

Интерактивные тренажёры являются универсальным средством для использования их в образовательной деятельности, а также повышения уровня обучающегося в области овладения ИКТ. Они делают процесс

обучения увлекательным. Кроме того интерактивные тренажеры развивают орфографическую зоркость, развивают навыки счёта, повышает мотивацию к образовательной деятельности, повышают практическую грамотность и т.п. В своей деятельности я использую тренажеры «Логические операции», «Единицы измерения информации», «Устройства компьютера» и др (рис. 2).

Рис. 2. Интерактивный тренажер «Единицы измерения»

Использование электронных образовательных ресурсов (ЭОР) помогает разнообразить занятия. Предлагаемые задания заставляют обучающихся находить, анализировать информацию. А также побуждают интерес к познанию, позволяют вовлечь учеников в учебную деятельность, формируют умение четко выполнять задания, формулировать и правильно излагать свои мысли.

На уроках информатики я использую собственные ЭОР (рис. 3–5): анаграмма, информационное лото, ребусы, игра «Найди ошибку», собери пазл, подбери пару, филворды и др.

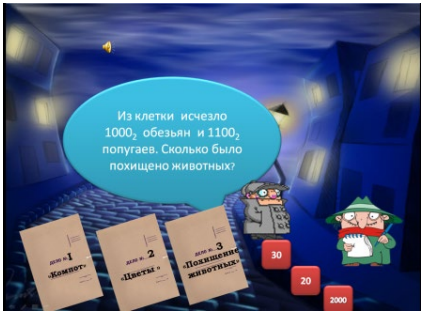


Рис. 3. ЭОР «Системы счисления»

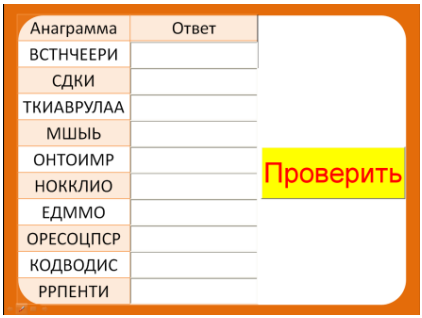


Рис. 4. Анаграмма «Устройства компьютера»

Рис. 5. ЭОР «Цифровая грамотность»

Интерактивные технологии превращают образовательную деятельность в творческое и увлекательное занятие.

Заключение

В настоящее время в арсенале современного учителя обязательно должны быть информационные находки. Они способствуют наглядности обучения, дают возможность учителю и обучающимся мыслить творчески, продуктивно обеспечивая тем самым глубину восприятия учебного материала.

Благодаря интерактивным технологиям учебная деятельность становится разнообразной и интересной. Занимательная форма заданий позволяет ненавязчиво вовлечь обучающихся в активную познавательную деятельность. Ребятам интересно выполнять предложенные задания, при их выполнении увеличивается мотивация к изучаемому предмету.

Список литературы

1. Активизация познавательной деятельности учащихся начальных классов на уроках математики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://multiurok.ru/index.php/blog/aktivizatsiia-poznavatiel-noi-dieiatiel-nosti-uchashchikhsia-nachal-nykh-klassov-na-urokakh-matiematiki.html

2. Понятия «педагогическая технология», «методика», «методы», «средства», «формы»: учебные и информационно-методические материалы в помощь педагогу / сост. Т. А. Корчак – Екатеринбург: Колледж бизнеса, управления и технологии красоты, 2015. – 58 с. – Режим доступа: http://www.eppc.ru/files/KorchakTA_pedag_tehnologii.pdf

Применение дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов

В. И. Навражных, email: vovanadasveta7@gmail.com

КОУ ВО «Центр лечебной педагогики и дифференцированного обучения», г. Воронеж

Аннотация. *Дистанционные образовательные технологии позволяют лицам с нарушениями в развитии (слуха, зрения, интеллекта, опорно-двигательного аппарата и др.) использовать средства коммуникаций для обучения и межличностного общения. Дистанционные формы обучения обеспечивают ребенка качественным образованием, предоставляют возможность общения со сверстниками, необходимые для социализации и адаптации в обществе.*

Ключевые слова: *дистанционные образовательные технологии, электронное обучение, социализация, адаптация.*

Введение

Одним из эффективных средств для развития, воспитания и обучения личности ребенка-инвалида является использование дистанционных образовательных технологий [1–3]. Они позволяют снижать дефекты слуха, зрения, моторно-двигательной и речевой деятельности. Адаптированные варианты компьютерных программ просты в применении и позволяют учиться данной категории детей в удовольствие, ощущая себя полноценным гражданином своего общества.

В процессе социализации ребёнок усваивает накопленный человечеством социальный опыт в различных сферах жизнедеятельности, который позволяет исполнять жизненно важные социальные роли. Социализация рассматривается как процесс, условие, проявление и результат социального формирования личности. По ней судят об уровне социального развития. Как результат она является основополагающей характеристикой человека и его особенностей как социальной единицы общества. Главная проблема детей с ограниченными возможностями заключается в нарушении их связи с миром, в ограниченной мобильности, недостаточном общении со сверстниками и взрослыми, в недоступности ряда культурных ценностей. Нельзя подготовить ребенка к самостоятельной трудовой

© Навражных В. И., 2020

деятельности, к жизни в обществе, не научив правильно вести себя в различных ситуациях. Поэтому в целях совершенствования процесса социализации детей с ограниченными возможностями, считаю наиболее целесообразным использование социально-педагогического потенциала не только общего, но и дополнительного образования, ведь именно здесь включаются механизмы творческого воспитания, потому что имеет место труд не по необходимости или по принуждению, а по велению души.

1. Дистанционное обучение

Так как дистанционное обучение невозможно без знания компьютера и использования современных информационных технологий, ребёнок-инвалид уже фактически получает профессиональные навыки, которые в дальнейшем могут обеспечить ему работу и независимую жизнь.

Дистанционное обучение позволяет:

– получить полноценное школьное образование в соответствии с Государственным образовательным стандартом образования, независимо от места проживания и материальных условий;

– дистанционные технологии дают доступ к богатейшим информационным ресурсам, размещенным в Интернете;

– обучаться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию, используя специализированное новейшее компьютерное оборудование, рассчитанное на детей-инвалидов;

– развить творческие способности детей и участвовать в проектной, исследовательской деятельности;

– получить навыки коллективной работы;

– подготовиться к поступлению в ВУЗ или получить дополнительное образование;

– получить квалифицированные консультации психологов, дефектологов, логопедов и других специалистов Центра дистанционного образования

– повысить уровень образовательного потенциала общества и качества образования.

Использование дистанционных форм при организации обучения детей позволяет обеспечить ребенка качественным образованием, предоставляет возможность общения со сверстниками, необходимого для социализации и адаптации в обществе.

Данная технология обучения пользуется большим спросом, открывая безграничные возможности в получении информации, формировании навыков самообразования, приобщении к общечеловеческим ценностям.

Основным показателем оценки эффективности внедрения дистанционного обучения детей-инвалидов является количество детей, обучающихся на дому, которые успешно прошли итоговую аттестацию в форме ГИА и ЕГЭ, стали участниками и победителями творческих конкурсов и предметных олимпиад. Для детей-инвалидов образование, полученное дистанционно, – это уникальная возможность для успешной и полной интеграции в общество сверстников через развитие, коррекцию и реабилитацию! В дальнейшем они могут получить высшее или среднее профессиональное образование также дистанционно.

Дистанционное обучение обладает рядом качеств, которые делают его весьма эффективным при работе с детьми-инвалидами. Главным образом, эффективность достигается за счет индивидуализации обучения: каждый ребенок занимается по удобному для него расписанию и в удобном для него темпе; каждый может учиться столько, сколько ему лично необходимо для освоения той или иной дисциплины.

Организация дистанционного обучения детей-инвалидов позволяет обеспечить доступ детей данной категории к образовательным и иным информационным ресурсам, оказать поддержку семьям, воспитывающим детей с нарушениями развития, способствует созданию без барьерной среды для детей-инвалидов, получению ими качественного образования, расширению возможностей их последующей профессиональной занятости, как следствие, – их успешной социализации и интеграции в общество.

Дистанционное обучение не исключает традиционное обучение на дому, а дополняет и обогащает его. Делает процесс обучения высокотехнологичным, творческим.

Для ребенка с ограниченными возможностями здоровья это открывает пути в новый мир, дает возможность реализовать себя и свои потребности, преодолеть свое одиночество.

Создание обучающей среды с наглядным представлением информации, использование цвета и звука, воздействуя на эмоциональные и понятийные сферы, способствует более глубокому усвоению нового материала. Мультимедийные программы одновременно стимулируют у ученика сразу несколько каналов восприятия, лучше поддерживают его внимание, способствуют снижению утомляемости и обеспечивают необходимую релаксацию. Этот процесс приобретает интерактивный характер, благодаря возможности двусторонней связи, диалога с учителем.

Немаловажное значение для адаптации ребенка в социуме имеет взаимодействие учителя с родителями ребенка. Очень часто родители

становятся участниками урока. Каждый ученик, а тем более с ограниченными возможностями, должен почувствовать успех. Успех-самый лучший воспитатель. Успех всегда окрыляет. Порой, без помощи близких и родных ребенку бывает сложно справиться с творческими заданиями, например, с домашним экспериментом – это небольшой самостоятельный научный проект каждого ученика. Самостоятельно, вместе с друзьями или с помощью взрослых, выполняя простые, но увлекательные опыты, дети могут сделать свои первые шаги в науке.

Заключение

Сегодня информационные компьютерные технологии можно считать тем новым способом передачи знаний, который соответствует качественно новому содержанию обучения и развития ребенка. Этот способ позволяет ребенку с интересом учиться, находить источники информации, воспитывает самостоятельность и ответственность при получении новых знаний, развивает дисциплину интеллектуальной деятельности.

Благодаря технологиям дистанционного обучения дети-инвалиды получают хороший результат, а постоянная ситуация комфорта формирует позитивное отношение к предмету изучения и желание двигаться вперед, проявлять свои способности, демонстрировать свои умения и навыки. Ребенок-инвалид чувствует себя равным со всеми, положительные эмоции служат пробуждению позитивного отношения к жизни, к людям, окружающим его; возникнет желание учиться дальше, делать полезное для других. Социализация пройдет успешнее и спокойнее. Свою миссию мы видим именно в этом: помочь детям жить, развиваться, быть успешными в социуме. Нельзя забывать, что каждый ребенок обязательно станет взрослым и от решений, принятых нами сегодня, будут зависеть завтрашние победы и поражения наших детей. Хотелось бы верить, что их ждут только победы.

Список литературы

1. Крючкова, О. Г. Использование информационных технологий в обучении людей со специальными образовательными потребностями/ О. Г. Крючкова [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: http://festival.1september.ru/articles/415766/

2. К вопросу о безопасности работы на компьютере. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.logopunkt.ru/bez.htm

3. Компьютер в специальном образовании. [Электронный ресурс]. Режим доступа: – http://www.logopunkt.ru/viz.htm

Использование интернет-ресурсов в обучении младших школьников

Т. А. Никитенко, email: tatianan.2011@mail.ru

МКОУ «Каменская СОШ № 1 с углублённым изучением отдельных предметов»

Аннотация. *Рассмотрены возможности веб-сервиса LearningApps.org для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей.*

Ключевые слова: *интернет-ресурс, LearningApps.org, шаблоны-оболочки, интерактивные задания.*

Введение

Важнейшей задачей современной системы образования является формирование универсальных учебных действий, обеспечивающих школьникам умение учиться, способность к саморазвитию и самосовершенствованию [1]. Внедрение Федеральных государственных образовательных стандартов актуализировало значимость применения интерактивных методов в процессе обучения. На сегодняшний день существует большое количество интернет-ресурсов для создания интерактивных упражнений. Одним из них является веб-сервис LearningApps.org. Это приложение для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей. Оно позволяет удобно и легко создавать электронные интерактивные упражнения. Поражает широта возможностей, удобство навигации, простота в использовании. При желании любой учитель, имеющий самые минимальные навыки работы с ИКТ, на достаточно качественном уровне может создать свой ресурс – небольшое упражнение для объяснения нового материала, для закрепления, тренинга, контроля.

1. Возможности сервиса LearningApps.org

Основная идея интерактивных заданий, которые могут быть созданы благодаря данному приложению, заключается в том, что обучающиеся могут проверить и закрепить свои знания в игровой форме, что способствует формированию их познавательного интереса к определенной учебной дисциплине. Сервис имеет удобный, понятный пользовательский интерфейс, представлен на 20 языках мира, в том числе на русском. Оснащён фильтром уровня обучения, представленным

© Никитенко Т. А., 2020

в виде ступеней: для начинающих, для начальной школы, для средней школы, для профессионального образования и повышения квалификации. На сайте LearningApps.org есть база готовых интерактивных заданий, разработанных педагогами и сгруппированных по предметам и изучаемым темам, что значительно облегчает поиск нужного задания [2]. Ею можно пользоваться без регистрации. Для создания и сохранения собственных заданий на сайте необходимо зарегистрироваться. После прохождения процесса регистрации становятся доступными шаблоны, которые помогают создать интерактивное упражнение. Учитель может любое из заданий отредактировать «под себя», проверить в предварительном просмотре и сохранить. А может создать своё новое приложение-задание «с нуля» на основе готовых интерактивных шаблонов-оболочек. Все упражнения сервиса разделены на несколько категорий [3]:

1. Различные тесты и викторины.
2. Упражнения на установление соответствия.
3. «Шкала времени» и упражнение на восстановления порядка.
4. Упражнения на заполнение недостающих слов, фрагментов текста, кроссворды.
5. Онлайн-игры, в которых может участвовать одновременно несколько учеников класса.

Эти задания учитель может применять только на своих уроках или публиковать их на сайте для общего доступа, создавать группы (классы), задавать им серию упражнений и просматривать статистику выполнения. Сами ученики также могут создавать учебные элементы, которые будут размещаться в общем наборе элементов класса. Приложение позволяет работать ученикам в интерактивном режиме индивидуально на уроке, дома, а также применимо в работе с интерактивной доской. Ресурс предоставляет возможность для сотрудничества педагог-ученик, ученик-ученик [2].

Процесс создания упражнений очень простой: в соответствующие поля следует ввести название приложения, формулировку задания, добавить информационные объекты для задания (это может быть текст, картинка, а порой аудио- и видеофайлы), при желании можно внести подсказки для учащихся при выполнении вашего задания. Сразу же можно просмотреть разработанное упражнение в режиме предварительного просмотра, внести корректировки и сохранить упражнение в своём личном кабинете.

После этого сервис выдаст адрес сети Интернет, по которому с вашим упражнением могут работать ученики в режиме онлайн, имеется

возможность совместного решения учащимися некоторых видов заданий.

2. Принцип работы LearningApps.org

Работать с LearningApps можно двумя способами:

1. Самостоятельно сделать приложение, выбрав один из 20 вариантов игровых механик. После этого будет предложено ознакомиться с примерами подобных упражнений, чтобы понять логику задания. Дальше остается только заполнить необходимые поля и загрузить нужные изображения. Все формы снабжены подсказками, так что долго разбираться с ними не придется.

2. Использовать готовые работы других авторов в качестве шаблонов, изменив в них данные на свои. Иногда изменить готовое проще, чем создавать новое.

При нажатии на конкретном приложении открывается окно с конкретным примером приложения, чтобы можно было получить представление о принципе его работы. Если хотите создать подобное приложение, нужно нажать кнопку «Создать новое приложение».

Создание задания представляет собой заполнение определенного шаблона своим содержанием. В качестве объектов заданий могут выступать тест, картинка, текст для произнесения, аудио и видео. Задания можно оформлять фоновыми изображениями.

У всех шаблонов есть стандартные поля для заполнения.

Название приложения: под этим название приложение будет доступно в базе приложений.

Постановка задачи: в это поле введите задание для обучаюшихся. Оно будет появляться при запуске. Если это не нужно, оставить поле пустым.

Обратная связь: в этом поле задать текст, который будет высвечиваться, если найдено правильное решение.

Помощь: можно создать, если нужно, некоторые подсказки, как решить задание. Они могут быть доступны пользователю через небольшой значок в верхнем левом углу. В противном случае оставить это поле пустым.

Остальные поля будут отличаться в зависимости от типа задания: «Найти пару», «Классификация», «Хронологическая линейка», «Простой порядок», «Ввод текста», «Сортировка картинок» и др.

В этом сервисе для учащихся можно создавать образовательные материалы:

– упражнения для контроля знаний – пройти тест (викторину), разгадать кроссворд, составить слова по определенной теме из букв, выделить слова относящиеся к пройденной теме, классифицировать

объекты по группам, найти пару (например, устройства ввода и соответствующие изображения), заполнить пропуски, просмотреть видеофрагмент и отметить на рисунке, прослушать аудиозапись и дать ответы на вопросы, собрать пазлы, найти соответствия, найти на карте (например, по теме «Устройство компьютера») и другие виды упражнений, приведенные в списке упражнений в п.3.

– интерактивный учебный плакат по изучаемой теме предмета (строение клетки, строение цветка, устройство компьютера, дорожные знаки и т.п.);

– коллекция видео для просмотра учащимися по изучаемой теме;

– конспект мультимедийного урока со ссылками на материалы;

– задания по нанесению меток на загруженное изображение, связанное с изучаемой темой (подписать имеющиеся изображения, добавить ссылки, добавить изображения и т.п.);

– организация мозгового штурма, где участники пишут в метках свои идеи;

– организация мини-викторин (узнай героя сказки, какие изобретения сделаны представленными учеными, кто изобрел эти устройства и т.п.).

LearningApps – это не просто учёба, но и удобный, мобильный, современный инструмент формирующего оценивания, который позволяет развивать у детей навыки самооценивания. Во-первых, выполнив задание, ребёнок проверяет себя и сразу же видит, что выполнено правильно, а что нет. Тут же проводит работу над ошибками. Если учитель предполагает, что отдельным ученикам будет трудно исправить ошибки самостоятельно, он может создать подсказку в виде правила или алгоритма действий.

Исправив ошибку, ребёнок снова выполняет проверку и мгновенно получает рекомендацию учителя. Таким образом, запускается механизм непрерывной обратной связи, которая является основой формирующего оценивания.

Во-вторых, учитель тоже получает обратную связь – он просматривает статистику своего класса, где видит, кто выполнил задание, а кто не приступал к выполнению, кто справился, а кто нет. Проанализировав допущенные детьми ошибки, учитель планирует свою дальнейшую работу, ищет наиболее эффективные методы обучения. С помощью сервиса каждый учащийся имеет возможность достигнуть высоких результатов в освоении программного материала.

Заключение

LearningApps обладает рядом преимуществ, для продуктивного использования в образовательном процессе:

– имеет очень простой и удобный для пользователя интерфейс;

– даёт возможность создавать разные виды интерактивных упражнений без чьей-либо подсказки, т.к. все подсказки размещены во всех шаблонах упражнений;

– многие шаблоны поддерживают работу с картинками, звуком и видео;

– прежде чем создать новое упражнение, можно ознакомиться с имеющимися примерами учебного материала и сразу же увидеть конечный результат;

– без регистрации можно пользоваться уже созданными упражнениями, т.к. они находятся в общем доступе;

– моментальная проверка правильности выполнения задания;

– возможен поиск упражнений по категориям (по предметам);

– постоянно развивается.

К недостаткам данного интернет-ресурса можно отнести невозможность использования без сети интернет, работать можно только в режиме онлайн.

Использование данного сервиса в сети интернет на уроке позволяет сделать процесс обучения интерактивным, более мобильным, строго дифференцированным, индивидуальным. Интерактивные методы обучения ориентированы на активность учащихся в процессе обучения: они взаимодействуют с учителем, друг с другом, а главное с учебным содержанием – осмысливают его, выделяют проблемы, предлагают пути их решения, оценивают их состоятельность и оптимальность использования. Сервис даёт возможность разнообразить урок, сделать его увлекательным, а процесс обучения простым и доступным для понимания каждому учащемуся.

Список литературы

1. Карпенко, Е. В. Интерактивные технологии в обучении. Педагогика нового времени [Текст] / Е. В. Карпенко, О. И. Райс, – М.: Ridero, 2017. – 80 с.

2. LearningApps – сервис для создания интерактивных заданий-тренажеров / А. А. Гайдаржи [и др.] // Сайт Фестиваль педагогического мастерства «Дистанционная волна» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://it-pedagog.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=385

3. Learningapps.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://learningapps.org/

Augmented reality в преподавании иностранного языка

А. В. Палагутин, email: palagutin55843@gmail.com [1]
М. А. Палагутина, email: marinapalagutina@mail.ru [2]
И. С. Серповская, email: serpovskaya.irina@yandex.ru [2]

[1] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
[2] МБОУ «Новоусманский лицей»

Аннотация. *В данной работе рассматривается технология дополненной реальности и возможность ее применения в преподавании иностранного языка для повышения эффективности и качества образования.*

Ключевые слова: *augmented reality, визуализация, образовательный контент, иностранный язык.*

Введение

Технологии дополненной и виртуальной реальности будут включены в процесс обучения в 25% школ 75 регионов России к концу 2024 года, в целях обеспечения создания современной цифровой образовательной среды при реализации основных образовательных программ, сообщается в паспорте национального проекта «Образование». Augmented reality представляет собой совмещение реального мира и дополнительных данных посредством системы восприятия, то есть это технология наложения контента цифрового формата на реальную пользовательскую среду [1].

Фактически, AR позволяет смоделировать комфортные условия для получения новых знаний, так как обучающийся сам переосмысливает всю воспринимаемую информацию, что позволяет достичь нового уровня визуализации образовательного контента. Для оперирования дополненной реальности достаточно использовать любой гаджет на основе IOS или Android, что позволяет оживить страницы учебника, сделать процесс более индивидуализированным и помочь вникнуть в суть материала [2].

Особенностью AR является то, что она позволяет расширить представление о происходящих процессах в окружающей среде. Обновленные сенсорные данные формируются не в новой, а в обычной среде. Размещение любых объектов в конкретной среде, в которой они изначально отсутствуют, позволяет смоделировать наиболее необычные практики для осуществления образовательных задач. Форматы AR в

© Палагутин А. В., Палагутина М. А., Серповская И. С., 2020

образовании могут быть различными, но все они обусловлены эффективностью вовлечения, а, следовательно, усовершенствованием образовательного процесса.

На современном этапе существует небольшое количество научных исследований в области использования технологии дополненной реальности в образовании. Среди ученых, занимающихся данной проблемой, следует выделить С. Джохима, Х. Кауфманна, Л.Л. Лопез, Б. Мейера, Т. Нослони. В их работах описываются преимущества использования средств дополненной реальности в образовании, а также предлагаются учебные задания, связанные с применением данной технологии в образовательном процессе. Среди визуальных средств информатизации образования, базирующихся на технологии дополненной реальности, можно отметить среды Aurasma, MITAR и Augmented [3].

1. Использование технологии дополненной реальности в преподавании иностранного языка

Необходимость использования технологии дополненной реальности в преподавании иностранного языка обоснована повышением качества и эффективности обучения, поскольку эта технология обладает рядом уникальных преимуществ, таких как наглядность, интерактивность, погружение в среду, визуализация и т.д. Большинство современных разработок в области дополненной реальности построено на технологиях оптического распознавания символов. Данная технология широко используется в приложениях для перевода текста, например, Google Translate. Функции этой программы позволяют мгновенно переводить надписи при наведении на них камеры смартфона. Программы создаются, как правило, на тех же платформах, на которых разрабатывают компьютерные игры (Unity, Unreal Engine, и т.д.), с помощью различных инструментов для разработки программ виртуальной и дополненной реальности (Steam VR , Google VR , Oculus, Windows Mixed Reality, Google ARCore, Apple ARkit, Google Tango, Vuforia и т.д.).

Некоторые издательские группы для изучения иностранного языка выпускают серии книг и англоязычных самоучителей, поддерживающих дополненную реальность на смартфоне, чтобы услышать диалог или попытаться поговорить с вымышленными иностранцами, что устраняет психологические барьеры и создает возможность применения данной технологии в образовании начиная с самого раннего возраста. Примером эффективного инструментария для начального обучения иностранному языку являются детские образовательные интерактивные книги с дополненной реальностью, озвученные профессиональными артистами.

С этими книгами дети могут учиться слушать иноязычную речь на основе интерактивного текста посредством персонификации и аудификации его персонажей. Все это позволяет изучать иностранный язык в процессе творческого мышления и межкультурной коммуникации. В разработках используется различный инструментарий AR-технологии, в том числе: AR Item – для создания трехмерного изображения; Animated Item – для анимации персонажей; Voice and Music – для речевого озвучивания; Voice Control – управление персонажами с помощью голосовых команд; Hand AR Touch – в дополненной реальности персонажи реагируют на руки человека. In-Space Activity – персонажи распознают реальные предметы вокруг и взаимодействуют с ними; Cross-AR Effect – персонажи взаимодействуют друг с другом; AR Tap Interaction – анимация в дополненной реальности с возможностью управления персонажем; AR Coloring In-Progress – пользователь участвует в создании персонажа. Такой вид обучения способствует повышению вовлеченности, развитию коммуникативных навыков, формированию интереса к предмету. Данные продукты, включенные в образовательный контент, нацелены на создание языковый среды, призванной усовершенствовать коммуникативные навыки: восприятие иностранной речи на слух, запоминание наиболее употребляемых в современном иностранном языке лексем, идиом, освоение грамматических конструкций.

При изучении иностранных языков, большой прогресс в обучении достигается при живом общении с носителем, а дополненная и виртуальная реальности позволяют попадать в пространства, где можно не только общаться, но и взаимодействовать с другими пользователями.

Дополненная реальность позволяет создавать невероятные образовательные проекты, которые невозможно реализовать в реальности, так как AR дает возможность перемещать, вращать, масштабировать 3D модели, рассматривать их под любыми углами, соединять и разъединять объекты, включать в него всю необходимую информацию – графические, звуковые, видеофайлы и изучать полученные результаты. Она исключительно полезна при развитии пространственного мышления, для максимально наглядного и интерактивного изучения, а также для более глубокого погружения в предмет. Использование современных технологий позволяет разнообразить процесс изучения иностранного языка нестандартными активностями и элементами игры, что увлекает обучающегося, концентрирует его внимание на обучении.

Заключение

Системы дополненной реальности (AR) в настоящее время востребованы в различных областях, в связи с тем, что основной принцип применения подобных систем состоит в идентификации окружающих объектов, позволяя пользователю с легкостью ориентироваться в пространстве, открывают новые возможности, особенно в вопросах когнитивного развития обучающихся. Это не только комплексная, но и целостная дидактическая, методическая и интерактивная программная система, которая позволяет изложить сложные моменты учебного материала с использованием богатого арсенала различных форм и методов представления информации и научного исследования. Процесс обучения проходит более успешно, так как основан на непосредственном наблюдении объектов и явлений, дает возможность работать в наиболее приемлемом темпе, обеспечивает возможность многократных повторений и диалога.

Использование анимации, высококачественной графики, справочных презентаций позволяет представить изучаемый курс в виде последовательной цепочки динамических картинок с возможностью перехода в информационные блоки, что позволяет сделать подачу дидактического материала максимально удобной и наглядной, снабжённой эффективными средствами оценки и контроля процесса усвоения знаний.

В этом контексте, дополненная реальность может и должна стать средством методологического осмысления языкового образования [4]. Кроме того, она дает возможность группировать материал по индивидуальным характеристикам; осуществлять дифференциацию учебного материала по различным параметрам; выстраивать индивидуальные траектории обучения; учитывать динамику и возможности изменения траектории обучения, моделировать различные учебные ситуации.

Список литературы

1. Акулич, М. В. Дополненная, виртуальная, смешанная реальность и маркетинг / М. В. Акулич. – М.: Издательские решения, 2018. – 120 с.

2. Селиванов, В. В. Эффективность использования виртуальной реальности при обучении в юношеском и взрослом возрасте / В. В. Селиванов // Непрерывное образование: XXI век. – 2015. – № 1. – С. 1-20.

3. Алексанова, Л. В. Возможности и особенности применения технологии дополненной реальности в образовании // Управление инновациями: теория, методология, практика: сборник материалов IX

международной практической конференции. – Новосибирск: ЦРНС, 2014. – С. 123-127.

4. Александрова, Л. Д. Опыт философского осмысления «Дополненной реальности» в онтологическом континууме «Виртуальность—реальность» // Вестник Челябинской государственной академии культуры и искусств. – 2014. – № 4(40). – С. 61-62. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-filosofskogo-osmysleniya-dopolnennoy-realnosti-v-ontologicheskom-kontinuume-virtualnost-realnost

Лекция с электронным сопровождением LMS Moodle

О. В. Паркалова, email: parkalova@msu.by

Учреждение образования «Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются цели, особенности и способы организации лекции с электронным сопровождением, а также даются методические рекомендации по использованию системы управления обучением Moodle для реализации обратной связи на теоретическом занятии.*

Ключевые слова: *LMS Moodle, лекция, контроль усвоения знаний, обратная связь, образовательный контент, электронные образовательные ресурсы, маршрут прохождения лекции.*

Введение

Для организации учебного процесса в вузе существует большое количество форм и методов обучения. При их выборе следует руководствоваться требованиями нормативных документов. В соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине» успеваемость студентов оценивается не только посредством проведения итогового контроля, но и в ходе промежуточного контроля знаний.

Итоговый контроль традиционно осуществляется на зачетах и экзаменах по дисциплине в целом в сессионный период. Промежуточный контроль проводится во время аудиторных занятий. Контроль усвоения знаний, полученных на лекции, используется для мотивации студентов к активности на этом занятии. Но при организации контроля знаний на лекции следует учесть некоторые особенности лекционного занятия. Лекция предназначена для передачи фундаментальных и прикладных знаний и для их теоретического анализа [1]. Поэтому сам контроль на лекции не должен занимать много времени. Также следует иметь в виду, что лекции часто проводятся для большого количества студентов. Для реализации контроля усвоения материала на лекции необходим метод, который позволит максимально быстро и легко организовать его проведение прямо на занятии. При использовании для таких целей устного фронтального опроса не все студенты смогут получить баллы за ответ, так как опрос всех обучаемых займет много времени. Письменный опрос или тесты в печатном виде

© Паркалова О. В., 2020

также требует значительного времени на подготовку (приготовить листы для ответа, записать вопросы или получить от преподавателя лист с вопросами, заданиями или тестами). Последующая проверка также требует больших временных затрат преподавателя (в первую очередь при письменном опросе).

Предлагается сценарий проведения лекции с текущим контролем усвоения знаний при помощи системы управления обучением Moodle, обеспечивающей быструю организационную подготовку к тестированию и удобный способ сохранения результатов испытуемых. Особенностью такого сценария является защита паролем заданий и уведомлений о правильности ответа. Это нужно для гарантированного прохождения студентом всех элементов лекции в том темпе и порядке, которые задал преподаватель, и для предотвращения ситуации, когда узнавший правильный ответ студент может сообщить его другим. Пароли выдаются в ходе лекции в момент, когда необходимо перейти к выполнению задания.

1. Особенности использования Moodle

Система Moodle известна как платформа для дистанционного обучения. Однако в широком понимании Moodle – это, прежде всего, инструментарий, который в значительной степени расширяет возможности преподавания, обеспечивает взаимодействие преподавателей и обучаемых.

В университете на базе LMS Moodle работает образовательный портал [2]. Каждый студент имеет доступ к его ресурсам.

Используя Moodle, преподаватели получают мощный инструмент для организации и сопровождения обучения. Учебные материалы можно предоставлять как в виде веб-страниц, так и используя файлы различных форматов. С помощью Moodle можно организовать сопровождение разных форм обучения (лекции, семинарские, лабораторные и практические занятия) и обеспечить взаимодействие «преподаватель-студент» посредством форумов, чатов, электронной почты, опросов или иных средств [3].

Moodle представляет собой веб-приложение, поэтому для работы с образовательными ресурсами системы достаточно иметь устройство с выходом в интернет и веб-браузером. Для этого не обязательно проводить занятие в компьютерной аудитории. В настоящее время студенты активно используют в учебном процессе собственные устройства (лэптопы, интернет-планшеты, смартфоны). Поэтому работа с ресурсами Moodle, не требует дополнительного материально-технического оснащения учебного процесса [4].

Для организации сопровождения аудиторной лекции с текущим контролем усвоения знаний в Moodle удобно структурировать материал и разбивать его на модули для последующего представления на занятии. С помощью системы можно установить индивидуальную траекторию обучения для каждого студента, настраивая маршруты прохождения лекции в зависимости от успешности освоения материалов.

Также с помощью Moodle удобно проводить контроль усвоения знаний с помощью разнообразных встроенных средств. В системе автоматизированы процессы оценивания, значит снижаются временные затраты на мониторинг успеваемости, обработку ее результатов и аттестацию, так как все данные об активности студентов, их ответах и баллах хранятся в системе.

Чтобы реализовать функцию электронного сопровождения в Moodle, для преподаваемой дисциплины создается курс. Каждая отдельная лекция – это один раздел курса.

Весь теоретический материал одной лекции разбит на блоки (параграфы, главы и т.п.). После отдельного блока теоретического материала осуществляется переход к (тестовому) вопросу, заданию или комплексу вопросов. В Moodle приведенный сценарий лекции можно реализовать несколькими способами в зависимости от конкретных требований: с помощью элемента курса Moodle Лекция или с помощью сочетания нескольких разных элементов курса.

2. Выстраивание маршрута прохождения лекции с помощью элемента Лекция (Lesson)

Элемент курса Лекция позволяет выстраивать сценарий занятия таким образом, что внутри этого элемента можно размещать не только теоретический материал, но и (тестовые) вопросы, задания.

Рассмотрим основные настройки, позволяющие защитить вопросы паролем. Для запроса ввода пароля используется тип вопроса «Короткий ответ». Для правильного ответа на вопрос ввода пароля задается 0 баллов. В разделе «Контроль прохождения» в пункте «Дать повторно ответить на вопрос» установить «Нет».

В разделе «Внешний вид» в пункте «Использовать комментарий по умолчанию» установить «Нет». Более подробные настройки и обоснование их применения приведены в [5].

Далее следуют рекомендации по добавлению контента в элемент Лекция. Добавление содержимого происходит в соответствии с определенным заранее сценарием. Когда сценарий определен, нужно создать все необходимые страницы содержимого и вопросов и дать им название. Такой подход позволит при редактировании созданных страниц сразу задавать переходы между ними.

Вопрос типа «Короткий ответ», предназначенный для ввода пароля, можно добавить на страницу с содержимым той части лекции, к которой относятся защищенные паролем вопросы или на отдельную страницу, переход на которую нужно предусмотреть на странице с теоретическим материалом.

Поскольку после ответа на вопрос или задание студент не должен узнать правильность ответа, при настройках вопросов нужно обязательно указать такой комментарий к ответу, который не позволит судить о правильности.

Страница, которая следует в линейном порядке за страницей ввода пароля, не должна быть страницей с вопросом, который защищен паролем. Поэтому нужна специальная страница, расположенная после страницы с вопросом-паролем. На нее будет осуществляться переход в случае неверного ввода пароля. В зависимости от сценария лекции можно использовать 3 вида такой страницы.

Первый случай – страница, на которой предусмотрен переход к следующей части лекции, минуя вопросы к текущей части лекции. На странице редактирования вопроса типа «Короткий ответ», предназначенного для ввода пароля, в разделе «Ответ 2» в поле «Переход» выбрать «Текущая страница» (то есть при неправильном вводе пароля появляется возможность еще раз ввести пароль). На самой странице ввода пароля нужно разместить предупреждение для учащихся, что при неправильном вводе пароля указанное количество раз (максимально 10), больше не будет возможности ответить на вопросы к данной части лекции, и произойдет переход к следующей части лекции.

Второй случай – страница, на которой предусмотрен переход к странице для ввода пароля и к следующей части лекции. На странице редактирования вопроса типа «Короткий ответ», предназначенного для ввода пароля, в разделе «Ответ 2» в поле «Переход» выбрать название рассматриваемой страницы (то есть при неправильном вводе пароля появляется страница с возможностью вернуться к вводу пароля или продолжения лекции). А на странице ввода пароля нужно разместить предупреждение для учащихся о том, что при переходе на страницу для ввода пароля в случае превышения максимального количества попыток ввода пароля, нужно выбирать переход к следующей части лекции, так как возвращение к вводу пароля не имеет смысла.

Третий случай – страница, на которой предусмотрен только переход на страницу для ввода пароля. На странице редактирования вопроса типа «Короткий ответ», предназначенного для ввода пароля, в разделе «Ответ 2» в поле «Переход» выбрать название рассматриваемой страницы (то есть при неправильном вводе пароля появляется страница

с единственной ссылкой – на страницу ввода пароля). Но у такого случая есть особенность, подходящая не для каждого сценария прохождения лекции: после максимального количества неправильных ответов на определенный вопрос (в частности и на вопрос-пароль), не будет засчитан даже правильный ответ на этот вопрос, и переход между страницей для ввода пароля и данной страницей просто зациклится. Дальнейшее прохождение лекции станет невозможно.

3. Выстраивание маршрута прохождения лекции с использованием нескольких элементов

Этот способ заключается в формировании контента таким образом, что для каждого блока теоретического материала, задания, тестового вопроса (блока вопросов) используется отдельный элемент курса.

Для каждого блока теоретического материала можно использовать элемент «Лекция» или ресурсы курса. Для тестовых вопросов используется элемент «Тест».

Такой подход рекомендован, если нужны более гибкие настройки тестовых заданий, чем те, которые возможны в элементе курса «Лекция».

Ограничение паролем уже реализовано в элементе «Тест». Пароль задается в настройках теста в разделе «Дополнительные ограничения на попытки» в пункте «Необходим пароль».

В разделе «Настройки просмотра» предоставлены большие возможности для задания той информации, которую обучаемые могут видеть в разные моменты времени (во время попытки, сразу после попытки, пока тест открыт или после закрытия теста). Здесь и реализуется защита от получения правильного ответа до окончания времени прохождения теста. Для этого нужно снять флажки, дающие информацию о правильности ответа и самом правильном ответе.

Кроме того, в тесте задается ограничение времени на ответ с использованием таймера. Такая возможность отсутствует в элементе курса «Лекция».

Заключение

При рассмотрении двух способов организации электронного сопровождения аудиторной лекции было получено представление о функции и цели организации лекции с обратной связью. Предложенные варианты описывают возможные схемы проведения лекции, в ходе которой к активному участию в занятии мотивировано большое количество студентов. Обратная связь реализуется в виде тестовых вопросов, при помощи которых осуществляется контроль усвоения нового материала. Также предлагаются способы решения часто

возникающих проблем в организации такого вида лекции: подсказки правильного ответа и неполный охват изучаемого материала студентами.

Сравнивая два способа выстраивания маршрута прохождения лекции, можно сделать вывод, что настройка всего сценария с помощью единственного элемента Лекция более трудоемка, но в полной мере позволяет реализовать индивидуализацию маршрута обучения. Способ комбинирования нескольких элементов курса позволяет задавать более гибкие настройки для тестовых заданий, но менее пригоден для реализации индивидуализации маршрута обучения.

Список литературы

1. Пионова, Р. С. Педагогика высшей школы : учеб. Пособие / Р. С. Пионова; Минск: Университетское, 2002. – 256 с.

2. Образовательный портал Могилевского государственного университета имени А. А. Кулешова [Электронный ресурс] : образовательный портал. – Режим доступа : https://moodle.msu.by/

3. Инструменты учебного контроля и тестирования в виртуальной среде управления обучением Moodle // Учреждение образования «Могилевский институт МВД Республики Беларусь» [Электронный ресурс] : методические рекомендации. – Режим доступа : http://www.institutemvd.by/images/materials/umo/seminars/2013_06_03/method_recom.pdf

4. Паркалова, О. В. Возможности системы управления обучением Moodle в организации контроля знаний / О. В. Паркалова // Математическое образование: современное состояние и перспективы : к 100-летию со дня рождения доктора педагогических наук, профессора, заслуженного работника высшей школы БССР Абрама Ароновича Столяра : материалы Международной научной конференции (Могилев, 20-21 февраля 2019 г.). – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2019 . – С. 388–391.

5. Паркалова, О. В. Организация лекции с обратной связью / О. В. Паркалова // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам : материалы X Юбилейной Междунар. науч.-практ. интернет-конф. (Мозырь, 27-30 марта 2018 г.). – Мозырь, 2018. – С. 53-54.

Применение ИКТ для упрощения визуального восприятия доказательства теорем в алгебре и геометрии

С. Ю. Пенькова, email: penkova.mat@gmail.com

МБОУ «Лицей № 15» г. Воронеж

Аннотация. *В этой статье автором рассматривается важность и необходимость использования средств визуализации доказательств теорем. Описываются способы и средства, используемые автором для этой цели.*

Ключевые слова: *ИКТ, алгебра, геометрия, визуализация, доказательство.*

Введение

Ни для кого не секрет, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. Так же не является секретом и то, что геометрия является одним из сложнейших предметов для восприятия, особенно на первых годах изучения планиметрии и стереометрии [1]. Вызывает трудности как переход на более строгий научный язык определений, аксиом и теорем, так и необходимость обоснованного доказательства, казалось бы, очевидных фактов. Причём, само доказательство является наиважнейшим инструментом для усвоения материала, т.к. это своего рода образец построения логических цепочек, трафарет для решения задач, несущий в себе множество идей и приёмов. А значит рассуждения, доказательства должны обязательно присутствовать на уроках геометрии в максимальном объёме, обусловленном общим уровнем подготовки класса. Очень многие «беды» происходят от неумения сделать правильный и удобный, «конструктивный» для решения задачи чертёж, т.к. в стереометрии он резко отличается от чертежа в планиметрии. Главной причиной является то, что в стереометрии, при изображении пространственных фигур на плоскости, не всегда возможно в точности соответствовать данным задачи или условию теоремы: если прямые нарисованы параллельными, то они могут быть скрещивающимися, если отрезки равны по условию, то на чертеже они могут не выглядеть равными, тупой угол может казаться острым и т.д. Поэтому огромное значение имеет возможность выбрать правильный для задачи или теоремы ракурс, «покрутив» модель фигуры, либо непосредственно в руках, либо на мониторе компьютера. И хотя, по моему мнению, первый вариант остаётся предпочтительнее,

© Пенькова С. Ю., 2020

скорее всего со временем он окончательно уйдёт в прошлое, уступив первенство 3-D модели на экране.

1. Применение ИКТ для упрощения визуального восприятия доказательства теорем в геометрии и алгебре

Известно, что ведущий вид памяти в детском возрасте – образная. Ребенку легче представить предмет, увиденный собственными глазами, чем незнакомый, по описанию. А значит, важнейшей задачей учителя является визуализация материала, тем более в геометрии, где порой грамотный и «читаемый» чертеж, по сути, является решением.

Рассмотрим примеры использования визуальных маркеров, применяемых на разных стадиях изучения теоретического и практического материала по геометрии и алгебре [2]. Первичное изложение теоретического материала хорошо иллюстрируется с помощью презентаций, обучающих роликов. Особенно ценной, на мой взгляд, является визуализация доказательства с движением объектов. Так геометрический способ доказательства формул сокращённого умножения, особенно $(a \pm b)^3$ и $a^3 \pm b^3$, на основе объёма и площади фигур, облегчает запоминание самих формул, а также углубляет и расширяет представление о данных геометрических понятиях и их свойствах. Более мощным инструментом может быть, пожалуй, лишь самостоятельное создание 3-D иллюстраций к доказательствам, которое может использоваться в проектной деятельности учащихся, как по информатике, так и по математике, однако это требует большого количества времени.

Для закрепления знаний теоретического материала, при ответах у доски широко используются готовые чертежи на слайдах, а для контроля – собственноручно сделанные обучающимися карточки, на которых с помощью разных цветов и обозначений можно «уложить» всё, от формулировки до доказательства теоремы при полном отсутствии текста.

Для оптимизации учебного процесса, при построении и использовании графических моделей безусловно наиболее востребована интерактивная доска. Её возможности позволяют решать целый спектр задач, как в алгебре, так и в геометрии, таких как: демонстрация последовательных шагов построения, динамики дополнительных построений, необходимых для доказательства теорем; иллюстрирование утверждений с помощью анимированных слайдов, где на экран последовательно выводятся объекты и надписи, выделяются на чертеже точки отрезки, углы, появляются визуальные подсказки [3]. С помощью установления управляющих кнопок можно сделать интерактивным

процесс решения некоторых задач на движение, грамотно организовать устный счёт, столь актуальный сегодня. Интерактивная доска как нельзя лучше помогает при изучении координатной плоскости, а возможность двигать графики функций с помощью маркера позволяет лучше понять преобразование графиков.

Заключение

Применение интерактивной доски и других средств визуализации на различных этапах урока, имеет неоспоримое преимущество перед применением традиционной классической доски, однако в погоне за увеличением и поддержанием высокого темпа урока, наглядностью изложения совсем отказываться от «классического подхода к построению» не стоит. Следует помнить философское высказывание Конфуция: «Я слышу и забываю. Я вижу и запоминаю. Я делаю и понимаю».

Литература

1. Звавич Л. И. Методические советы из опыта преподавания. Классы с углублённым изучением математики. Геометрия 10 класс / Л. И. Звавич, М. В. Чинкина, Л. Я. Шляпочник // Еженедельное учебно-методическое приложение к газете «Первое сентября». Математика. – 2001. – № 9. – С. 1-21.

2. Потоскуев Е. В. О новом учебном комплекте по стереометрии 10-11 классы / Е. В. Потоскуев, Л. И. Звавич, // Еженедельное учебно-методическое приложение к газете «Первое сентября». Математика. – 2003. – № 16. – С. 27-31.

3. Инфоурок [Электронный ресурс]: образовательный портал. – Режим доступа: https://infourok.ru/ispolzovanie-interaktivnoy-doski-na-urokah-matematiki-3455104.html

Разработка электронного учебника по физической культуре

С. В. Прокопчик, email: svetavlad1974@mail.ru
Н. Г. Саблукова, email: sqnataly81@mail.ru
Н. Ю. Куликова, email: nat_135@mail.ru

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Арзамасский коммерческо-технический техникум»

Аннотация. *Разработанный электронный учебник по физической культуре выполнен в среде программирования Delphi, он содержит теоретический материал, тренажер, видеоматериалы, систему проверки знаний и развивающие игры.*

Ключевые слова: *электронный учебник по физической культуре, программирование.*

Введение

Современному преподавателю необходимо владеть информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ), так как на данном этапе развития общества происходит процесс информатизации образования. Преподаватели нашего техникума активно используют на своих занятиях ИКТ. Преподаватели физической культуры также активно принимают участие в процессе информатизации современного образования. При проведении занятий по физической культуре используются презентации, видеоуроки, электронные учебники, электронное тестирование. Трансляция проходит с мультимедийного проектора в спортивном зале, также существует и оборудованный компьютерной техникой кабинет, где студент может просмотреть необходимые для практического занятия уроки, презентации. Большинство студентов использует при подготовке к занятиям электронные учебники, пользуясь средствами сети Интернет и др.

По физической культуре существуют различные электронные учебники (см. [1–2]). В большей степени существующие учебники несут теоретический материал в гипертекстовой форме. Электронный учебник по физической культуре, созданный преподавателями Гродненского госуниверситета имени Я.Купалы содержит видеоматериалы, позволяющие по кадрам отследить правильность выполнения упражнений. Предложенный обучающемуся теоретический материал сопровождается видеоматериалами, включающими комментарии преподавателей.

© Прокопчик С. В., Саблукова Н. Г., Куликова Н. Ю., 2020

1. Описание разработанного учебника по физической культуре

Проанализировав существующий материал, было принято решение создать электронный учебник, выполненный средствами программирования. Специфика преподавания занятий по физической культуре такова, что обучающемуся необходимо в движении видеть выполнение упражнений для того, чтобы с большей полнотой усвоить предложенный материал. Следовательно, теоретический материал должен сопровождаться анимационными фрагментами, демонстрирующими сначала схематично выполнение упражнений, а потом уже через видеоматериалы, снятые на реальных занятиях по физической культуре.

В качестве средств разработки электронного учебника были выбраны объектно-ориентированный язык программирования Delphi7 и СУБД Microsoft Office Access 2010.

По мнению профессора Явич М. П. «Электронный учебник – это методический комплекс, предназначенный для изучения курса материала. Он является интегрированным средством, содержащим теорию, практику, задачи и другие компоненты» [3].

Для создания электронного учебника из курса физической культуры был выбран раздел «Баскетбол».

Теоретический материал подбирался преподавателями физической культуры, при этом использовались учебники по физической культуре [4, 5] и др., интернет-источники, журналы «Спорт в школе».

Теоретический материал в учебнике разбит на минимальные по объему блоки, каждый блок сопровождает анимация, схематично демонстрирующая правильное выполнение упражнения. Например, бег по дугам, бег по дугам с ведением, «Ведение по восьмерке», «Скакун и ведущий», «Бегуны и скакуны» с ведением мяча. Подобные упражнения кроме теоретического описания требуют наличия схематичного представления, схема выполнения упражнения представляется анимационно. Предложенную анимацию студент может просмотреть многократно. Подобная визуализация дает большую заинтересованность студента в изучении дисциплины, результаты обучения становятся выше и качественнее.

После создания подобным образом теоретического материала необходимо изученный материал проверить. Средствами программирования создан тренажер, который представляет предложенные упражнения (схематично), их необходимо выполнить самостоятельно. Используя управления с клавиатуры необходимо, например, при ведении мяча по восьмерке соблюдать правильную траекторию, а также выбор руки (рис. 1).

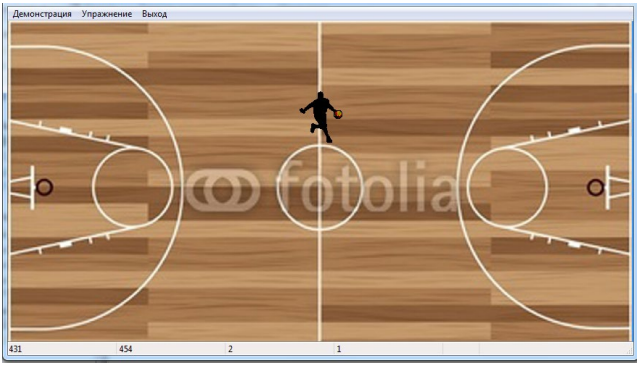


Рис. 1. Тренажер для игры в «Баскетбол»

Электронный учебник предполагает при проведении контроля регистрацию студента, а по результатам выполнения практического задания его результат фиксируется в электронном журнале, выполненном средствами Microsoft Office Access 2010. В журнал заносится дата, оценка, полученная студентом, наименование упражнений, выполненных неверно. Также можно проверить себя и повторно, таким образом можно отследить в динамике освоение раздела «Баскетбол».

Электронный учебник включает и видеоматериалы по предложенным темам. Если студент ранее осваивал приемы игры в баскетбол, то ему достаточно, для того, чтобы вспомнить все правила, просмотреть видео без дополнительных объяснений. То есть в более интенсивном режиме изучить относительно новый для него материал. Видеоматериалы, подготовленные преподавателями физической культуры, как правило, содержат видеофрагменты, снятые на занятиях физической культуры, во время соревнований, такой материал вызывает большой интерес у студентов (рис. 2).

В электронном учебнике имеется ряд тестов, осуществляющих контроль. Тестирование и выполнение практического задания дополняют друг другу в плане оценивания студента. При выполнении практического задания больший упор делается на практику, при выполнении тестовых заданий – больший упор делается на теорию. Оценка также фиксируется в электронном журнале.

Если студент устал при изучении предложенного материала, выполнении практических заданий, то он может поиграть. Компьютерные игры интересны, некоторые из них полезны, развивают внимательность и логику, обучают и тренируют, поэтому нельзя

утверждать, что компьютерные игры имеют только вредное воздействие. Ни для кого не секрет, что игровые формы проведения занятий очень разнообразят процесс обучения, вызывают интерес обучающихся и активизируют их мыслительную деятельность. В электронном учебнике создан ряд игровых приложений «Баскетбол». Например, с помощью такого приложения можно проверить точность попадания мяча в корзину (рис. 3).

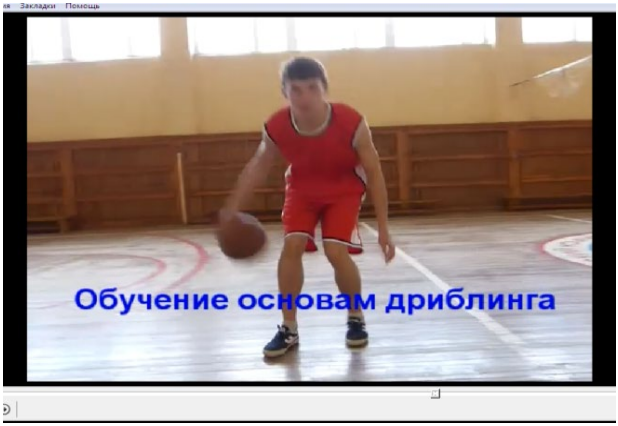


Рис. 2. Видео по теме «Обучение основам дриблинга»

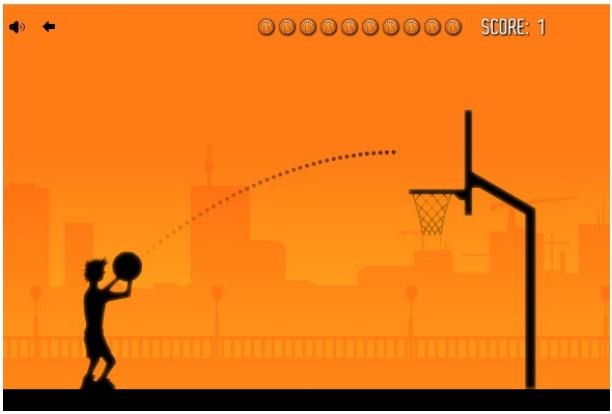


Рис. 3. Компьютерная игра «Броски в кольцо»

Особенностью электронного учебника является тесное взаимодействие всех его разделов. В электронном учебнике по

физической культуре предусмотрен моментальный переход по гиперссылке из теоретического раздела, к практическому заданию, к видеоролику, к тесту, к игровому компоненту по соответствующей теме. Например, знакомясь с теоретическим материалом, студент заинтересовался и хочет перейти сразу к практическому заданию, кликнув мышью по соответствующему термину он переходит к выполнению практического задания.

В электронном учебнике по физической культуре по каждому разделу есть глоссарий, предоставляющий список основных терминов, и пояснение к ним. В отличие от терминологического словаря обычного учебника термины глоссария содержат гиперссылки, с помощью которых можно перейти к любому материалы электронного учебника (видео, теоретическому, практическому и др.), разъясняющего выбранный термин.

Электронный учебник по физической культуре предоставляет такую возможность как Вебинар. Преподаватель физической культуры объявляет проблему, например, «Способствует ли игра в баскетбол развитию физического роста», в режиме онлайн со студентами обсуждают данную проблему в текстовом чате. Студенты находятся в это время в компьютерных классах. Данную форму можно использовать при проведении воспитательных мероприятий, учебных занятий. Вебинар можно сохранить и использовать при необходимости повторно.

Для реализации всех возможностей электронного учебника необходимо наличие компьютеров, сети.

Хотелось бы отметить особенности электронного учебника:

– электронный учебник не является копией какого-либо бумажного учебника, так как материал собирается из разных источников;

– все блоки теоретического материала содержат соответствующую видеоинформацию, анимацию, так как специфика физической культуры такова, что сложно понять выполнение упражнений, пользуясь только теоретическим материалом.

Отметим преимущества использования электронного учебника:

– распространяется бесплатно, так как находится в стадии разработки;

– видеоинформация включает материалы о спортивной жизни техникума;

– присутствует игровой компонент;

– результаты фиксируются с помощью электронного журнала;

– представляет высокую скорость предоставления информации;

– предоставляется возможность самостоятельно организовать свою деятельность.

Также можно выделить недостатки использования электронного учебника:

– отсутствует живое общение с преподавателем, поэтому только лишь ряд разделов представляется в электронном учебнике, к самостоятельному изучению рекомендуются только те темы, которые действительно требует более точного и в большей степени индивидуального восприятия;

– в работу по созданию электронного учебника вовлекается большое количество преподавателей и студентов, работающих в направлениях программирования, дизайна, физической культуры и т.д.;

– требуется много времени, поэтому подобная работа проводится в рамках исследовательской работы (при подготовке к курсовым проектам, дипломным проектах и др.) творческими группами студентов специальности информационные системы, студентов, профессионально занимающихся, например, баскетболом, преподавателями физической культуры, информационных дисциплин.

Заключение

Созданный электронный учебник можно использовать для самостоятельного изучения студентами раздела «Баскетбол», при подготовке к занятиям. Также данный учебник можно использовать на теоретических занятиях, в кабинетах, оборудованных компьютерной техникой, сетевым оборудованием. Электронный учебник индивидуализирует работу со студентами, особенно при проведении контроля. Использование электронного учебника на занятиях физической культуры свидетельствует о модернизации образования, включающей широкое внедрение информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс.

Список литературы

1. Физическая культура студента : Учебник / М. Я. Виленский, А. И. Зайцев, В. И. Ильинич и др. ; Под ред. В. И. Ильинича. – М. : Гардарики, 2000 – 385 с. – Режим доступа : http://hdl.handle.net/10995/1309

2. Богданов В. М. Основы физической культуры в вузе : электронный учебник / В. М. Богданов, В. С. Пономарев, А. В. Соловов // Самарский областной центр новых информационных технологий (ЦНИТ СГАУ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://cnit.ssau.ru/kadis/ocnov_set/index.htm

3. Явич, М. П. Электронный учебник, его преимущества и недостатки / М. П. Явич // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 10. – С. 19-24.

4. Решетников, Н. В. Физическая культура : Учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования / Н. В. Решетников, Ю. Л. Кислицын. – М. : Мастерство, 2002. – 148, [1] с.

5. Вайнбаум, Я. С. Гигиена физического воспитания и спорта : Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, обуч. по специальности 033100 – Физ. культура / Я. С. Вайнбаум, В. И. Коваль, Т. А. Родионова. – М. : Академия, 2002. – 233 с.

Роль информационных технологий в адаптации и в образовательном процессе детей-мигрантов

И. А. Проскурня, email: proskurnya.inna@yandex.ru

МБОУ Лицей № 15 г. Воронеж

Аннотация. *В данной статье автор отмечает проблемы социальной адаптации и образовательного процесса детей-мигрантов и переселенцев, предлагает применять в работе информационные технологии для решения данных проблем.*

Ключевые слова: *дети-мигранты, адаптация, образовательный процесс, информационные технологии.*

Введение

Развитие процессов миграции, появление вынужденных переселенцев, детей-мигрантов, беженцев обострили проблемы их адаптации в инокультурной среде. В сложившихся условиях поиск средств гармоничного вхождения в новую социальную среду и бесконфликтного существования этнокультур представляется для полиэтничной России важнейшей государственной и социально-политической задачей.

На основе анализа трудностей, с которыми сталкиваются мигранты при смене места жительства, необходимо для успешной адаптации и в учебном процессе применять технологии, ориентированные на детей инофонов.

Межнациональные конфликты, локальные войны, не прекращающиеся на протяжении последних лет на юге России, повлекли за собой разрушение традиционной инфраструктуры, появление беженцев, вынужденных переселенцев, детей-мигрантов, что определяет усиливающийся интерес к исследованию данных проблем.

Дети-мигранты в процессе переезда и адаптации на новом месте испытывают множество трудноразрешимых социальных, педагогических и психологических проблем и нуждаются в педагогической поддержке. В сложившихся условиях поиск средств гармоничного вхождения в новую социальную среду и бесконфликтного существования этнокультур представляется для полиэтничной России важнейшей государственной и социально-политической задачей.

Процесс адаптации детей мигрантов происходит не так гладко, как хотелось бы. По мнению исследователей (Р. Лазарус, Г. Селье, Н. М.

© Проскурня И. А., 2020

Лебедева, Н. С. Хрусталева и др.), сама социокультурная среда может являться фактором развития стресса. К. Оберег назвал это напряженное, стрессовое состояние испытывающее мигрантами, прибывшими на новое место жительства, «культурным шоком». Он утверждал, что вхождение в новую культуру для каждого человека является запугивающим и дезорганизующим переживанием.

Информационные технологии обладают богатыми возможностями для обеспечения процесса адаптации детей-мигрантов, следовательно, и образовательный процесс.

1. Информационные технологии как средство адаптации детей-мигрантов

Термин «технология» в переводе с греческого означает «наука об искусстве» techne – «искусство», «мастерство»; logos – «слово», «учение». Он пришел в педагогику из производственной сферы и употребляется все чаще, хотя еще не стал привычным и ясным. «Технология – это объективный, прежде всего материальный процесс (и даже исключительно материальный), который происходит на производстве, и точно также нужно поступать, если мы хотим рассматривать или построить технологию обучения и воспитания». Словарь современного русского языка определяет «технологию» как совокупность приемов, применяемых в каком-либо деле, мастерстве и искусстве [1].

Философский словарь дает следующее определение: технология – это практическое применение знания и использование методов в производственной деятельности. Это определение отражает философский и социологический интерес к технологии как к социальному продукту, который охватывает «металлические изделия» рук человеческих в виде инструментов и машин...[2].

В психологической энциклопедии технология – это тот аспект культуры, который применяет открытия, процедуры и принципы систематического исследования для выявления и решения проблем [3].

В педагогической литературе встречаются понятия: педагогическая технология, образовательная технология, технология обучения. Они соотносятся, очевидно, также как и категории: педагогика, образование и обучение. Самым широким является понятие педагогическая технология, оно охватывает процессы образования, обучения и воспитания. Образовательная технология связана с организацией образовательных систем и образовательных учреждений. Технология обучения и технология воспитания описывают деятельность учителя и учащихся соответственно в учебном и воспитательном процессе [4].

В конце XX века человечество вступило в стадию информационного развития. Следовательно, возможности информационных технологий для человека становятся безграничными. Поэтому, в связи с внедрением компьютеров в образовательный процесс появился термин «информационные технологии обучения».

Понятие «Информационные технологии» рассматривали многие деятели науки (Л. Н. Бабанин, К. Г. Кречетников, Б. Ф. Ломов, Е. И. Машбиц, М. В. Моисеева, П. И. Образцов, С. В. Панюкова, Е. С. Полат, И. В. Роберт, А. В. Соловов, Н. Ф. Талызина, О. К. Тихомиров и др.). Говоря об информационной технологии, в одних случаях подразумевают определенное научное направление, в других – конкретный способ работы с информацией.

Под термином информационные технологии традиционно понимается совокупность технических средств и способ обработки информации. Прогресс уже в этой области позволяет включать в образовательный процесс качественные продукты, разработанные на основе технологии мультимедиа, позволяющие представлять информацию в разнообразных формах – текстовой, графической, видео – и аудио, что значительно повышает их дидактическую ценность.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – это совокупность процессов, методов поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов.

Информационные технологии обучения – это все технологии, использующие специальные технические информационные средства: персональный компьютер, аудио-, видеотехника, Интернет [5].

В последние годы термин «информационно-коммуникационные технологии» (ИКТ) часто выступает синонимом термина «компьютерные технологии», так как все информационные технологии в настоящее время, так или иначе связаны с применением компьютера. Однако, термин «информационные технологии» намного шире и включает в себя «компьютерные технологии» в качестве составляющей. При этом информационные технологии, основанные на использовании современных компьютерных и сетевых средств, образуют термин «современные информационные технологии».

В данной статье мы рассмотрим, какую роль играет применение информационных технологий в адаптации детей-мигрантов.

Анализ проблем адаптации детей-мигрантов позволил выделить ряд проблем, связанных с их обучением: значительный перерыв в занятиях, слабое знание русского языка, несоответствие требований в школах, и, как следствие, – низкая успеваемость.

Прибывшим детям, как правило, присущи чувства подавленности, психической неуравновешенности, неспособность конструктивно вступить в контакт, наладить гибкий диалог со сверстниками и взрослыми, определить свою личностную позицию в социуме и, в частности, в группе, отсутствие элементарных представлений о способах эмоциональной саморегуляции. Все это порождает неадекватные защитные реакции школьников-мигрантов.

Из вышеперечисленных проблем детей–мигрантов наиболее актуальными для нашего исследования являются проблема незнания русского языка и проблема социальной адаптации, поэтому необходима разработка педагогических условий по созданию оптимальных условий для социальной адаптации и образовательного процесса детей-мигрантов.

Языковой барьер у детей мигрантов различной этнокультурной и языковой среды предполагает языковые и психологические трудности в процессе школьного обучения, понижающие в дальнейшем доступность получения высшего образования. Поэтому ребенку – мигранту необходимо обеспечение в учебном процессе и в процессе социальной адаптации культурной и языковой подготовки в поликультурной социально-образовательной среде, потому что владение языком, понимание его речевых тонкостей, присущих данной среде, – фактор готовности к взаимодействию.

Знание русского языка – фундаментальная база для овладения другими учебными предметами. Поэтому для решения данной проблемы применяю информационные технологии уже на начальном этапе освоения языка. При этом детям даю следующую установку: компьютер – это твой друг, помощник

В качестве эффективного средства успешной адаптации детей-мигрантов в своей педагогической деятельности применяю информационные технологии, применение которых возможно в преподавании различных дисциплин на любом этапе урока или внеурочного занятия [6].

Задания подбираю с учетом вышеперечисленных проблем и особенностей детей-мигрантов: обучающие, занимательные, игровые, на доступном уровне, увлекательные, учитывая национальные особенности. При этом ученик-мигрант увлеченно выполняет задания, но одновременно контролируется и оценивается компьютером. По окончании работы выставляется заработанная оценка, оценка объективная. Ребенок к этому относится спокойно.

2. Примеры практических заданий с использованием ИКТ

Приведу примеры тестовых заданий компьютерного типа, где например, предлагается ученику выбирать верный ответ из 3-5 предложенных.

– Какие из данных слов являются существительными?

1. туман;
2. светлый;
3. радость;
4. писать;
5. рисование.

Если ученик справился с заданием без ошибок – ПК приветствует ребенка: «Молодец, умница» и ученик может перейти к следующему заданию. Если же ребенок допустил ошибку, ПК сообщит ему об этом: «Ты ошибся, подумай еще» и предложит повторить правило на данную тему.

– Укажите, какой из приведенных фактов не является признаком глагола?

1. часть речи, которая изменяется по временам;
2. часть речи, которая изменяется по лицам и числам;
3. часть речи, которая изменяется по родам и падежам;
4. часть речи, которая в предложении обычно является сказуемым.

Из предложенных ответов ребенок выбирает верный и по гиперссылке переходит к следующему вопросу.

При обучении грамматике для нерусских учащихся большую трудность представляет тот факт, что в русском языке образование форм некоторых слов не подчиняется действию общих правил русской грамматики: образование форм родительного падежа единственного числа с беглой гласной (камень – камня), место ударения в формах родительного падежа единственного числа (мост – моста). Решение данной проблемы осуществляется выполнением задания на компьютере: прочитай слова парами; подумай и скажи, чем различаются слова в парах (музей – музеи); прочитай предложение, найди исправь ошибку, пользуясь клавиатурой: «Мы сели в трамваи и поехали в музеи».

Заключение

Таким образом, используя средства ИКТ в качестве фактора успешной адаптации детей-мигрантов на собственном педагогическом опыте, можно сделать следующие выводы:

– компьютер является мощным средством повышения эффективности обучения;

– информационные технологии позволяют усилить мотивацию ученика, т.к. поощрение правильных решений позитивно сказывается на мотивации;

– информационные технологии позволяют полностью устранить одну из важнейших причин отрицательного отношения к учебе – неуспех; компьютер позволяет качественно изменить контроль за деятельностью учащихся. Ученики более охотно отвечают компьютеру и если компьютер ставит им двойку, то возникает желание исправить ее как можно скорее. Компьютер призывает учащихся к порядку и вниманию. Ученик знает, что если он отвлечется, то не успеет выполнить задание, т.к. через 10-15 секунд появится следующее;

– использование ребенком компьютера в своей деятельности оказывает существенно положительное влияние на различные стороны его психического развития;

– значительно обогащается словарный запас, дети легко и с удовольствием овладевают новой терминологией. Все это способствует развитию речи детей, значительно повышает уровень произвольности и осознанности действий;

– значительно усложняется процесс детской деятельности: дети должны действовать руками, нажимая пальцами кнопки клавиатуры, что требует от ребенка усиленного внимания и специфических навыков, и одновременно наблюдать за изображенными на экране изменяющимися предметами и явлениями. Опыт работы показал, что при этом создается принципиально новая связь между ручными действиями ребенка и их результатом. Именно этот момент оказывает мощное влияние на общее психическое развитие детей, формирует у них новую позицию в отношении познания и изменения окружающего мира. Таким образом, в процессе действий с изображенными на экране предметами и явлениями у детей формируются гибкие, подвижные представления и образы, которые служат основой для перехода от наглядно-действенного к наглядно-образному мышлению.

Список литературы

1. Ожегов, С. И. Словарь русского языка : Ок. 57000 слов / С. И. Ожегов; Под ред. Н. Ю. Шведовой. – 20-е изд., стер. – М. : Рус. яз., 1988. – 748,[2] с.

2. Философский словарь / Адо А. В., Аникеев Н. П., Антипина Г. С. и др. ; Под ред. И. Т. Фролова. – 4-е изд. – М. : Политиздат, 1981. – 445 с.

3. Психологическая энциклопедия / Под ред. Р. Корсини, А. Ауэрбаха; Науч. ред. А.А. Алексеева. – 2-е изд. – СПб. [и др.] : Питер, 2003. – 1094 с.

4. Колбаса, М. А. Педагогические аспекты информационных технологий обучения / М. А. Колбаса // Инновации в науке: сб. ст. по матер. V междунар. науч.-практ. конф. Часть II. – Новосибирск: СибАК, 2011. – С. 51-55.

5. Информационные технологии [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 230400 (09.03.02) «Информационные системы и технологии» / Ю. Ю. Громов [и др.] ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Тамбовский гос. технический ун-т». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 259 с.

6. Теоретические основы использования компьютерных технологий в процессе обучения русскому языку в начальной школе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studbooks.net/1870438/pedagogika/teoreticheskie_osnovy_ispolzovaniya_kompyuternyh_tehnologiy_protsesse_obucheniya_russkomu_yazyku_nachalnoy

Требования к построению компьютерной системы контроля знаний по информатике

В. А. Степанцов, email: mrstep@yandex.ru [1,2]
Л. А. Трофимова, email: trofimovala@yandex.ru [2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] МБОУ СОШ № 28 г. Воронеж

Аннотация. *Рассмотрены требования к средствам контроля знаний и этапы их реализации при построении компьютерной системы оценки знаний по информатике.*

Ключевые слова: *компьютерная оценка знаний, требования к средствам контроля знаний, SCORM-пакеты.*

Введение

Создание компьютерной системы оценки знаний по информатике требует применения специализированных подходов к представлению и обработке знаний. Основные принципы построения компьютерной системы контроля знаний, основаны на методах и моделях, развиваемых в рамках теории интеллектуальных вычислений и инженерии знаний. Данные принципы определяют концепцию интеллектуального тестирования, более адекватную представлениям преподавателя о требуемой организации процесса контроля и оценивания знаний и позволяющую реализовать неформализованные ранее педагогические приемы и методики. Построение компьютерной системы оценки знаний предполагает формирование комплекса требований к средствам контроля знаний и их реализацию на этапах создания системы.

1. Формирование требований к средствам контроля знаний и этапы их реализации

Сформируем комплекс требований, предъявляемых к компьютерному программному средству контроля знаний и рассмотрим этапы их реализации.

На начальном этапе необходимо осуществить переход от задания истинности предлагаемых вариантов ответов в категориях дихотомических шкал («правильно – неправильно») к более общей и универсальной схеме оценивания ответов функциями предпочтения, определяемыми в категориях нечеткой логики. Заметим, что такой переход не противоречит традиционному подходу, поскольку в

© Степанцов В. А., Трофимова Л. А., 2020

соответствии с современными представлениями двоичная логика может считаться частным случаем нечеткой логики.

Кроме того, требуется реализовать переход от индивидуальной организации теста к коллегиальной экспертной подготовке всех его этапов, что увеличит доверие конечных пользователей к компьютерной системе контроля знаний и повысит валидность результатов тестирования.

Также необходимо провести количественное определение сложности и важности каждого тестового задания по пропорциональной цифровой шкале, что даст возможность повысить объективность оценивания демонстрируемых знаний.

Важным этапом является разбиение множества тестовых заданий на тематические подмножества, элементы которых семантически коррелируют друг с другом, с обязательным ранжированием как тестовых заданий внутри каждого подмножества, так и выделенных подмножеств между собой. Реализация этого принципа создаст объективную основу для формализации ряда применяемых в настоящее время «ручных» методик контроля знаний, таких, например, как оценивание широты или глубины знаний и т.п.

Необходимо осуществить переход от характерного для современных компьютерных средств использования программно реализованных алгоритмов прямого тестирования, при котором выбор очередного задания практически не зависит от ответов тестируемого на предыдущие вопросы, к модульному конструированию при подготовке теста.

Задачей следующего этапа является переход к построению алгоритмов адаптивного тестирования, обусловливающих выбор очередного i-го задания ответами обучаемого на предыдущих (i - 1)-м, (i - 2)-м и т. д. шагах теста. Реализация этого принципа позволит формализовать широко применяемые в педагогической практике методики дополнительных, наводящих и уточняющих вопросов.

Далее требуется реализовать построение, унифицированное описание и однотипная реализация в рамках одной и той же компьютерной системы контроля знаний набора алгоритмов тестирования, реализующих различные методики контроля и предоставление организатору тестирования возможности выбирать в конкретной ситуации те из них, применение которых либо предписывается нормативными документами, либо определяется его собственными предпочтениями.

Требуется создание инструментария для построения, настройки и модификации различных шкал итогового оценивания знаний, включая

как возможность изменения количества и ширины оценочных интервалов, так и определение и варьирование зон неопределенности оценок. Это даст возможность организовать параметрический анализ валидности текущих и заключительных результатов тестирования.

Автоматизация на основе возможностей компьютерной техники наиболее трудоемкого этапа подготовительной стадии тестирования, связанного с формированием множества тестовых заданий и вариантов ответов на них. Базис этой процедуры могут составить, в частности, формализованная модель знаний по изучаемой дисциплине, представленная в виде структурированной семантической сети и известные из инженерии знаний фрейм-технологии.

Использование при разработке тестовых материалов, технических средств контроля знаний и при их практическом применении самых современных и наиболее эффективных аппаратных и программных компьютерных средств. Построение гетерогенных компьютерных средств, доступных к использованию в большинстве учебных заведений и центров тестирования.

Включение во все вновь разрабатываемые программные средства компьютерного тестирования возможности использования современных информационных средств компьютерных телекоммуникаций.

Включение в компьютерные системы контроля уровня подготовленности учащихся модулей, предотвращающих или сводящих к минимуму фальсификацию результатов педагогического контроля.

Обеспечение возможности хранения не только оценок, но и самих тестовых заданий.

2. Возможности реализации требований на основе SCORM-пакетов

SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [1, 2] – стандарт, разработанный для систем дистанционного обучения. Данный стандарт содержит требования к организации учебного материала и всей системы дистанционного обучения. SCORM позволяет обеспечить совместимость компонентов и возможность их многократного использования: учебный материал представлен отдельными небольшими блоками, которые могут включаться в разные учебные курсы и использоваться системой дистанционного обучения независимо от того, кем, где и с помощью каких средств были созданы. SCORM основан на стандарте XML.

Пакет может содержать курс, урок, модуль и т. п. В пакет входят xml-файл (Manifest), где описана структура пакета, и файлы, составляющие учебный блок. Manifest включает:

– метаданные (свойства компонентов учебного материала);

– организацию учебного материала (в каком порядке расположены компоненты);
– ресурсы (ссылки на файлы, содержащиеся в пакете);
– sub-Manifest (xml-файл может содержать под-Manifest).

Блоки учебного материала, входящие в пакет, могут быть двух типов: Asset и Sharable Content Object (SCO). Asset – элемент, который не взаимодействует с сервером Системы управления обучения (LMS-сервером), это может быть html-страница, просто картинка, звуковой файл или flash-объект и т.п., SCO – это элемент, который взаимодействует с LMS-сервером: сообщает о ходе и результатах обучения, получает и передает дополнительные данные и т.п. (как минимум SCO сообщает о своем запуске и завершении), кроме того SCO является тем элементом, который может быть использован для построения совершенно другого обучающего курса. Это позволит использовать уже готовые, отработанные задания для проведения оценки знаний учащихся по информатике.

Заключение

Реализация рассмотренного комплекса требований в конечном итоге обеспечит построение компьютерной системы оценки знаний по информатике.

Список литературы

1. Стандарт SCORM и его применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cccp.ifmo.ru/scorm/index.html

2. Формат SCORM в разработке курсов и приложений для дистанционного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://smartum.pro/ru/blog-ru/scorm-v-razrabotke-kursov-i-prilozheniy-dlya-distantsionnogo-obucheniya/

Комплексное применение технических средств обучения летного состава эксплуатации радиоэлектронного оборудования вертолетов

А. К. Франчук, email: afranchuk@yandex.ru

Филиал ВУНЦ ВВС ВВА в г. Сызрани

Аннотация. *Рассмотрены пути развития технических средств обучения и их комплексного применения для повышения эффективности теоретического и практического обучения летного состава эксплуатации радиоэлектронного оборудования вертолетов с применением информационных технологий.*

Ключевые слова: *информационные технологии, технические средства обучения, эффективность обучения, радиоэлектронное оборудования вертолетов.*

Введение

Подготовка летного состава в учебных заведениях включает следующие этапы:

– теоретическая подготовка;
– практическая подготовка;
– летная подготовка.

Подготовка летчика является одним из наиболее дорогостоящих видов образования. Первоначальная подготовка летчиков в учебных заведениях стоит от $50 до $100 тыс., а стоимость подготовки военных летчиков первого класса и летчиков снайперов достигает нескольких миллионов долларов. Значительную часть этих сумм составляют затраты на летную подготовку. Снижения стоимости обучения возможно за счет комплексного применения различных технических средств обучении (ТСО) на всех этапах образовательного процесса. В зависимости от уровня решаемых задач технические средства обучения летного состава подразделяются на:

– учебные компьютерные классы для летного и инженерно-технического состава (теоретическая подготовка);

– процедурные тренажеры (отработка практических навыков и умений работы с системами и оборудованием летательного аппарата);

– специализированные тренажеры (пилотажные, отработка и применение вооружения по наземным и воздушным целям и др.);

© Франчук А. К., 2020

– комплексные тренажеры (отработка действий экипажа в штатных и аварийных ситуациях на всех этапах выполнения полета);
– системы объективного контроля (СОК).

1. Теоретическая подготовка

Процесс обучения летчиков в высших учебных заведениях имеет три этапа формирования профессиональных компетенций:
– первоначальная подготовка;
– базовая подготовка;
– повышенная подготовка.

На каждом из этих этапов используются различные учебно-тренировочные средства летной подготовки (вертолеты или самолеты) и, соответственно, проходит теоретическая подготовка курсантов. Для достижения высокого уровня профессиональных компетенций летчиков необходимо обеспечить не только высокую интенсивность ученого процесса, но и индивидуальный подход с учетом особенностей каждого обучаемого. Требования к уровню подготовки курсантов при изучении авиационных радиоэлектронных систем, характеризуются соответствующими профессиональными компетенциями [1, 2]. Реализация компетентностного подхода и оценка уровня компетенций, достигнутых в процессе обучения не возможна без применения ТСО на основе современных информационных технологий.

Для теоретического обучения используется широкий набор цифровых образовательных ресурсов общего назначения, таких как электронные учебники, справочные базы данных учебного назначения, электронные тестовые среды, контролирующие программы, моделирующие программы, программы-тренажеры, автоматизированные обучающие системы. В работе [2] приведен анализ эффективности применения таких элементов информационных технологий. Их существенным недостатком является различие подходов к формированию информационной среды, способов и критериев оценки степени обученности, накопления и анализа результатов обучения. Они позволяют дать лишь качественную оценку степени обученности на каждом из этапов теоретического обучения и основывается на экспертном мнении преподавателей и результатов тестирования курсантов.

В обучения летного состава все более широко используются ТСО в виде различных авиационных тренажеров [3]. При разработке таких ТСО учитываются задачи обучения, критерии и методики оценки степени достижения профессиональной компетентности летного состава [4]. По мере внедрения подобных ТСО в учебный процесс закономерно встает вопрос об их эффективном применении на всех этапах обучения

курсантов. С учетом единого компетентностного подхода при разработке требований к авиационным тренажерам становиться возможной реализация комплексного использования ТСО с накоплением информации о результатах обучения на всех этапах учебного процесса, корректировки его с учетом индивидуальных особенностей обучаемого и достигнутых результатов, получения интегральной оценки степени обученности.

Теоретическая подготовка летчика эксплуатации бортового радиоэлектронного оборудования является одной из частных задач этой комплексной системы подготовки и реализуется в рамках учебной дисциплины «Радиоэлектронное оборудование воздушных судов». В качестве основных ТСО могут быть использованы автоматизированные обучающие системы (АОС) теоретической подготовки летного состава, которые разрабатываются и производятся в виде единого комплекса тренажерных средств для различных типов вертолетов. На этапах первоначальной и базовой подготовки может применятся АОС для вертолета Ансат-У [5].

На рис. 1 показан внешний вид рабочих мест.

Рис. 1. АОС для теоретической подготовки летного и инженерно-технического состава на вертолет Ансат-У

2. Практическая подготовка

Основой практической подготовки летчика эксплуатации бортового радиоэлектронного оборудования является получение навыков выполнения основных процедур подготовки, эксплуатации в полете и действий в случаях возникновении отказов радиоэлектронного оборудования в полете. Для достижения высоких уровней профессиональной компетентности использование ТСО становится обязательным. Эту задачу в рамках комплексного подхода могут решить различные типы тренажеров, в которых предусмотрены отработка различных эксплуатационных процедур в кабине вертолета (процедурные тренажеры).

1. **Процедурный тренажер кабины экипажа** (FNPT, Flight Navigation Procedures Trainer) обеспечивает имитацию открытой кабины экипажа вертолета с установленным пилотажным оборудованием, основными бортовыми системами, полномасштабными копиями приборов, приборных панелей, органов управления, включая все оборудование и программно-математическое обеспечение, которые необходимы для воспроизведения движения и управления воздушным судном на земле и в полете. FNPT – это экономически высокоэффективная система, в первую очередь применяемая для начальной подготовки и переподготовки летчиков.

2. **Пилотажно-навигационный тренажер** (FTD, Flight Training Device) обеспечивает имитацию открытой или закрытой кабины экипажа с установленным пилотажным оборудованием, основными бортовыми системами, полномасштабными копиями приборов, приборных панелей, органов управления, включая все оборудование и программно-математическое обеспечение, которые функционируют так же, как на борту реального воздушного судна. Данный вид тренажеров не содержит системы имитации перемещений или системы вибрации и является дополнением к процедурным тренажерам

3. **Комплексный тренажер** (Full Flight Simulator, FFS) обеспечивает полномасштабную имитация кабины экипажа конкретного типа, модели и серии воздушного судна, включающая основные системы воздушного судна и бортовое оборудование, оборудование и программно-математическое обеспечение, которые необходимы для воспроизведения движения и управления воздушным судном на земле и в полете и выполнения действий в штатной, нештатной и аварийной ситуациях в ожидаемых условиях эксплуатации. Комплексные тренажеры обладают наибольшей степенью технической сложности и стоимости. Их применение при обучении эксплуатации бортового РЭО является экономически и организационно нецелесообразным.

4. **Прочие средства летного обучения** (Other Training Devices, OTD). К ним относят:

a) **Компьютеризированные тренажеры** (Computer Based Trainer, CBT). Они обычно применяются в ходе начальной подготовки на этапах теоретического и практического обучения и очень эффективны в отношении предоставления возможности самостоятельной подготовки посредством использования персонального компьютера в учебных аудиториях или в ходе дистанционного электронного обучения (e-learning). Могут успешно применяться для обучения эксплуатации РЭО

b) **Системы для базовой подготовки по приборам** (Basic Instrument Training Device, BITD). Системы тип BITD предназначены для ознакомления и обучения по вопросам приборного оборудования. Они могут представлять собой простую недорогую базовую приборную доску со стационарным основанием либо тренажер для стационарного компьютера, воспроизводящие поведение прибора программным способом, посредством сенсорного экрана, либо простого человеко-машинного интерфейса.

c) **Операционный тренажер** (Part Task Trainer, PTT), **кабинный операционный тренажер** (Cockpit Part Task Trainer, CPT), **виртуальный интерактивный тренажер по процедурам в кабине пилота** (Virtual Interactive Procedure Trainer, VIPT). Системы типа PTT, CPT и VIPT рассчитаны на подготовку по базовым процедурам и являются упрощенными аналогами процедурных тренажеров. Эти системы в общем случае состоят из простой копии кабины экипажа со стационарным основанием и станции инструктора, но не снабжаются какими-либо визуальными системами. Они предназначаются для отработки предполетных процедур (контрольные перечни, запуск двигателя и т. д.), имитация полета на них невозможна, но возможна имитация неисправностей, относящихся к указанным процедурам. На

Имеющий набор ТСО для обучения летного состава позволяет организовать эффективную комплексную систему обучения летчиков эксплуатации вертолетов и их систем, включая эксплуатацию РЭО. Важнейшим элементом учебного процесса с применением ТСО является система анализа и интегрального оценивания степени обученности, основанная на применении ЭВМ и систем объективного контроля. Базовыми принципами такой системы должны стать:

– системность, предполагающая накопление информации на всех этапах учебного процесса, включая и этапы летного обучения;

– единый подход к оцениванию уровня теоретической практической и летной обученности, основанный на требованиях к уровням профессиональной компетентности летчиков.

Рис. 2. Виртуальный интерактивный тренажер

Заключение

Проведен анализ ТСО летного состава с точки зрения реализации компетентностного подхода к процессам теоретического и практического обучения. Отмечена необходимость комплексного подхода к их использованию при обучении летного состава эксплуатации радиоэлектронного оборудования вертолетов. Обоснована необходимость создания системы анализа и интегрального оценивания степени обученности летчиков.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 25.05.04 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов (уровень специалитета). (Зарегистрировано в Минюсте России 6 сентября 2016 г. N 43580) (Утвержден приказом Минобрнауки РФ от 11.08.2016 г. N 1020). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pravo.gov.ru

2. Франчук, А. К. Применение информационных технологий при изучении авиационных радиоэлектронных систем. / А. К. Франчук // Материалы XIX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). Воронеж, 2019 – С. 2084-2089.

3. ГОСТ Р 57259-2016 Тренажеры авиационные. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2017-06-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.

4. Айдаркин, Д. В. Разработка и применение автоматизированных систем для профессиональной подготовки летного состава гражданской авиации: монография / Д. В. Айдаркин. − Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2014. − 111 с.

5. Автоматизированные обучающие системы для теоретической подготовки летного и инженерно-технического состава на вертолет Ансат-У [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dinamika-avia.ru/product/cbt/ansat-u-aos-dlya-podgotovki-letnogo-i-inzhenerno-tekhnicheskogo-sostava-na-vertolet

Возможности образовательного портала «Решу ЕГЭ» для подготовки к итоговой аттестации

С. Т. Шевцова, email: shewtsowa.sweta2011@yandex.ru

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение Калачеевская СОШ № 1

Аннотация. *В данной работе рассматриваются правила создания тестов для подготовки к экзаменам на образовательном портале «Решу ЕГЭ».*

Ключевые слова: *образовательный портал для подготовки к экзаменам «Решу ЕГЭ», личный кабинет, регистрация, электронная почта, пароль, шаблон создания тестов, ресурс «Классный журнал» в разделе «Учителю».*

Введение

Компьютер как универсальное средство обработки, хранения и представления информации прочно вошел в нашу повседневную жизнь. Поэтому наряду с традиционными технологиями и методами при проведении уроков, внеклассных мероприятий, организации проектной деятельности, подготовке обучающихся к олимпиадам и выпускным экзаменам использую информационные технологии. Актуальность их применения объясняется:

– исключительно широкими возможностями по индивидуализации образования;

– повышением мотивации обучающихся и усилением эмоционального фона образования;

– высокой наглядностью представления учебного материала и обеспечение глубокого проникновения в сущность изучаемых процессов и явлений;

– значительным сокращением времени на всех этапах: при объяснении нового материала, при контроле знаний, умений и навыков, при выполнении лабораторных и практических работ, творческих и исследовательских работ, при подготовке учителя к урокам.

Введение сдачи экзаменов выпускниками не только средней школы, но и основной, их поступление в высшие и средние специальные учебные учреждения по итогам школьных экзаменов заставляют учителя максимально использовать возможности ИКТ. Об этом и хочу поделиться своим опытом.

© Шевцова С. Т., 2020

1. Использование возможностей портала «Решу ЕГЭ» для оптимизации контроля знаний

С системой создания тестов на образовательном портале для подготовки к экзаменам «Решу ЕГЭ» на этапе контроля знаний обучающихся при подготовке к сдачи выпускных экзаменов хотела бы ознакомить более подробно [1].

1. Откройте образовательный портал для подготовки к экзаменам «Решу ЕГЭ» и зарегистрируйтесь.

2. Зайдите через личный кабинет на страничку своего предмета. В открывшейся вкладке слева введите адрес электронной почты и пароль. Нажмите «Войти».

3. Слева доступны ссылки для управления разделами. Перейдите в раздел «Учителю» (рис. 1).

4. Используя «Раздел для централизованного контроля уровня подготовки учащихся» (рис. 2) перейдите по ссылке «Составить варианты для проверки знаний учащихся».

Примечание: при выборе ссылки «Составить домашнюю работу» обучающиеся видят номера заданий образовательного портала и отчет о правильности выполнения задания. При выборе ссылки «Составить контрольную работу», дети номера заданий не видят, а отчет о выполнении задания приходит только учителю.

Рис. 1. Управление разделами

Рис. 2. Раздел для централизованного контроля уровня подготовки учащихся

5. Перейдите по ссылке «Составить контрольную работу», выберите из задачного каталога тему и номера заданий, нажав на значок «плюс», расположенный на «портфельчике» около номера задания и сохраните работу.

6. На открывшейся страничке вы увидите номер работы и индивидуальную ссылку для обучающихся, которые необходимо сообщить им в электронном дневнике в разделе «Домашнее задание» или другим способом.

Примечание: составленную работу в последующем можно найти пройдя по ссылкам «Учителю», «Список созданных работ и статистика» (рис. 3).

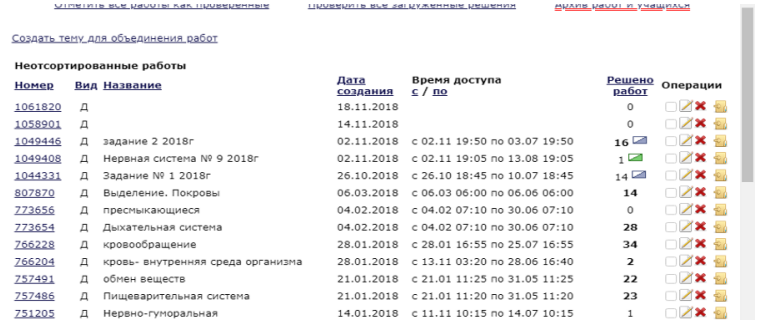


Рис. 3. Список созданных работ и статистика

Автоматически сохраненные системой параметры работы (рис. 4) можно изменить самостоятельно, нажав ссылку «Номер работы», «Статистика работы № номер теста», «Параметры работы». В

открывшемся форме заполните поля «Название», «Описание», «Доступен с», «Время на выполнение работы», «Дату для отображения в журнале», «Критерии выставления оценки», а затем сохраните.

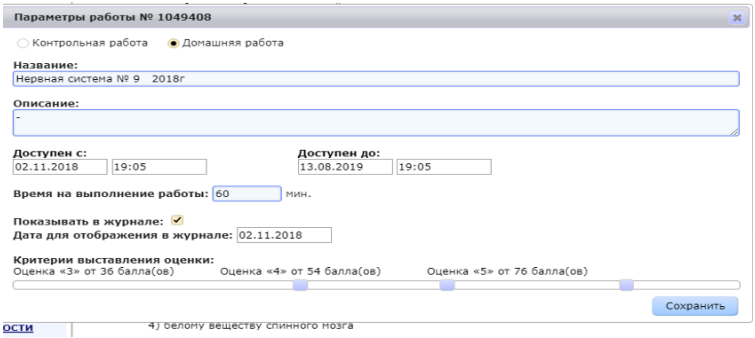
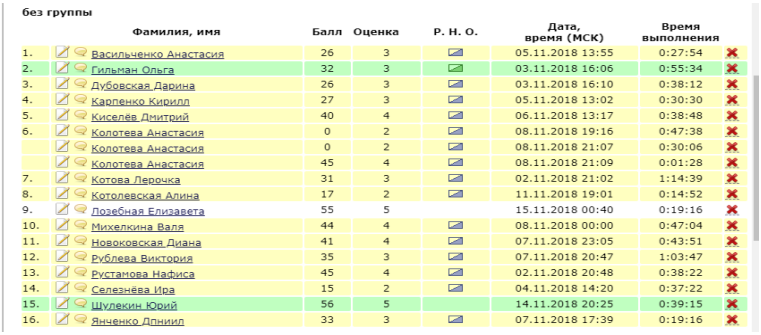


Рис. 4. Параметры работы

Обучающимся, чтобы пройти тест, необходимо зарегистрироваться на образовательном портале для подготовки к экзаменам «Решу ЕГЭ», зайти через личный кабинет на страничку своего предмета в раздел «Ученику». Далее ввести полученную ссылку или номер варианта работы, пройти тестирование и сохранить его.

Система сама автоматически проверит работу, подсчитает количество баллов и выставит оценку. Проанализировав ресурс «Статистика по работе № теста» (рис. 5), учитель может оценить уровень усвоения темы каждым обучающимся исходя из набранных баллов и времени выполнения. В последующем учитель может разрешить обучающимися отработать пробелы, используя ссылку «Р.Н.О.» (работа над ошибками).



	Фамилия, имя	Балл	Оценка	Р. Н. О.	Дата, время (МСК)	Время выполнения
1.	Васильченко Анастасия	26	3		05.11.2018 13:55	0:27:54
2.	Гильман Ольга	32	3		03.11.2018 16:06	0:55:34
3.	Дубовская Дарина	26	3		03.11.2018 16:10	0:38:12
4.	Карпенко Кирилл	27	3		05.11.2018 13:02	0:30:30
5.	Киселёв Дмитрий	40	4		06.11.2018 13:17	0:38:48
6.	Колотева Анастасия	0	2		08.11.2018 19:16	0:47:38
	Колотева Анастасия	0	2		08.11.2018 21:07	0:30:06
	Колотева Анастасия	45	4		08.11.2018 21:09	0:01:28
7.	Котова Лерочка	31	3		02.11.2018 21:02	1:14:39
8.	Котолевская Алина	17	2		11.11.2018 19:01	0:14:52
9.	Лозебная Елизавета	55	5		15.11.2018 00:40	0:19:16
10.	Михелкина Валя	44	4		08.11.2018 00:00	0:47:04
11.	Новоковская Диана	41	4		07.11.2018 23:05	0:43:51
12.	Рублева Виктория	35	3		07.11.2018 20:47	1:03:47
13.	Рустамова Нафиса	45	4		02.11.2018 20:48	0:38:22
14.	Селезнёва Ира	15	2		04.11.2018 14:20	0:37:22
15.	Шулекин Юрий	56	5		14.11.2018 20:25	0:39:15
16.	Янченко Дпниил	33	3		07.11.2018 17:39	0:19:16

Рис. 5. Статистика по работе теста

Более детальный анализ результатов выполнения теста (по номеру работы, названию работы, баллам ученикам, набранным баллам) учитель может сделать используя ресурс «Классный журнал» в разделе «Учителю» (рис. 6).

1. Gabyeva Madina						17/2			
2. Seleznev Andrew								20/5	29/5
3. Агибалова Анастасия						43/4		22/5	29/5
4. Анисифорова Дарья				21/5	15/4	47/5		19/4	23/4
5. Бакулина Дарья					18/4	49/5 ✖ 0/2 ✖			31/5
6. Богинская Яна				19/4	16/4 ✖ 0/2 ✖ 0/2 ✖	49/5 ✖ 0/2 ✖		19/4	20/4 ✖ 0/2 ✖
7. Брекинова Маргарита						0/2			
8. Броварева Юлия				0/2	0/2 ✖ 17/4 ✖	0/2 ✖ 0/2 ✖ 0/2 ✖ 43/4 ✖		0/2	27/5 ✖ 0/2 ✖
9. Бутурлакин Алексей				21/5	12/3	40/4		21/5	25/4
10. Варфоломеева Алина					16/4	33/4			23/4

Рис. 6. Статистика по всем тестам

Заключение

Таким образом, создание и выполненные тестов на образовательном портале для подготовки к экзаменам «Решу ЕГЭ», позволяют и учителю, и обучающимся мгновенно диагностировать состояние усвоения пройденного материала, организовать работу по устранению пробелов при подготовке к экзаменам в индивидуальном порядке.

Список литературы

1. Пронько, А. П. Создание тестов в системах СДАМ ГИА и РЕШУ ЕГЭ / А. П. Пронько. – Образовательный портал ИНФОУРОК [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://infourok.ru/sostavlenie-testov-v-sistemah-sdam-gia-i-reshu-ege-462072.html

Секция 7
Проблемы дистанционного образования

Использование социальных сетей для обучения

С. Н. Батан, email: batan@msu.by

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Аннотация. *В данной работе рассматривается использование социальных сетей для обучения.*

Ключевые слова: *социальные сети, информационные технологии в обучении, учебная площадка.*

Введение

Термин «социальная сеть» впервые появился в социологическом исследовании Джеймса Барнса «Классы и собрания в норвежском островном приходе» в 1954 году. Непосредственно характеристиками такой социальной сети являются наличие узлов, то есть людей и отношений между ними.

Впервые социальная сеть появилась в информационном пространстве в 1995 году. Это была сеть classmates.com, с помощью которой одноклассники могли находить друг друга и общаться. Этот проект стал очень популярных, в связи, с чем на протяжении короткого времени в сети стало появляться множество аналогичных сайтов. Но настоящий бум «социальных сетей» пришелся на 2000- годы. В 2003 и 2004 годах появились такие социальные сети как MySpace и Facebook. Сеть Facebook, создававшаяся первоначально для общения студентов Гарварда, на сегодняшний день является самой многочисленной по числу зарегистрированных пользователей, сетевым ресурсом.

В рунете наиболее популярными является ресурс «ВКонтакте». По данным исследований агентства «РИА Новости» «В России 78% детей в возрасте от девяти до 16 лет имеют личный профиль в социальных сетях».

1. Социальная сеть и образование

Непосредственно работать в социальной сети интуитивно более понятно, чем в корпоративной системе. Преподаватель, являясь специалистом в своей области знаний, может испытывать затруднения при создании или использовании того или иного специализированного сайта. Вторая трудность – не всегда сайт для обучения является интересным и как результат мало посещаемым учащимися. Практика показывает, что учащихся трудно приучить к использованию учебного

© Батан С. Н., 2020

сайта, если мим он не интересен. В связи с этим предлагается использовать в качестве инструмента дистанционных технологий уже созданные и работающие популярные социальные сети. Назовем преимущества использования социальных сетей с учебной целью [1]:

1. Сегодня молодые люди значительное время проводят в социальных сетях. Общение в них, в том числе с целью получения знаний, может стать привычным и приятным занятием по эффективному освоению материала.

2. Учащийся, общаясь в социальной сети с преподавателем, ведет себя менее скованно, что позволяет ему задавать вопросы, не боясь выглядеть для окружающих не знающим или смешным.

3. Учащиеся имеют возможность общаться в реальном времени не только с преподавателем, но и между собой, организовывая учебные конференции, особенно перед сдачей зачета или экзамена.

4. Преподаватель для учащегося психологически становится просто участником социальной сети – взаимодействие на вертикальном уровне сменяется на взаимодействие на горизонтальном уровне. Это вызывает большее доверие со стороны учащегося и улучшает процесс усвоения информации.

5. Увеличивается количество времени общения преподавателя с аудиторией, появляется возможность проведения воспитательной работы с «прогульщиками» и отстающими.

Часть учебного материала, а также его разбор и обсуждение можно переместить образовательную и информационную площадку, например, в социальную сеть «ВКонтакте». По нашему мнению, это более эффективнее по нескольким причинам:

– эта социальная сеть популярна среди школьников;

– создание и модерирование групп, страниц («пабликов») достаточно просто в обслуживании и может совершаться школьниками;

– возможность создавать базу фото-видео-аудио файлов, а также различных документов, при этом получать обратную связь от посетителей страницы или группы;

– наличие мобильной версии сайта «ВКонтакте» упрощает коммуникацию со школьниками, так как именно подростки являются наиболее активными пользователями мобильного интернета.

С помощью социальных сетей учитель может решать организационные и методические задачи.

К организационным задачам, которые решаются с помощью социальных сетей относятся организация учебной и внеучебной деятельности учащихся. Для решения этих задач может быть создана «группа» в социальной сети «ВКонтакте» или «публичная страница». На

них в онлайн-режиме можно обмениваться необходимой информацией, получать доступ к домашним заданиям, электронным учебникам или справочникам.

Сейчас в большинстве школ организационные цели достигаются с помощью классных часов и информационного стенда в классе или в школе. Однако эти методы в современном школьном сообществе зачастую оказываются не действенными: классные часы не посещаются, а к информационным стендам никто не подходит.

В решении этой проблемы современному учителю могут помочь именно социальные сети. Альтернативой классному уголку может служить «группа», созданная в социальной сети «В Контакте» или публичная страница.

Основными различиями между ними является то, что в «группе» все члены сообщества могут высказывать своё мнение по тому или иному поводу, выкладывать фото-, видео-, аудио материалы, а «публичная страница» выступает в роли некой «доски объявлений», и возможность редактировать или комментировать, находящуюся в ней информацию, может лишь создатель данной страницы.

Выбор той или иной интерактивной формы зависит на прямую от стиля педагогического общения, выбранного учителем. Если им был принят демократический стиль общения, тогда целесообразно осуществлять организационную деятельность через «группу». А если учитель выбирает авторитарный стиль общения, тогда стоит использовать «публичную страницу».

Альтернативой классному часу будет являться «диалог». Диалог обычно, создается для решения конкретных задач, например: «День самоуправления». Как правило, конкретные мероприятия организуются инициативной группой учеников, и сообщать информацию, касающуюся данного мероприятия не обязательно всем ученикам. В этом плане функция выбора участников «диалога» очень кстати. При этом в «диалоге» происходит не только передача информации, но и общение между учителем и учениками, которые в свою очередь могут выдвигать свои идеи и предлагать способы повышения интереса к данному мероприятию.

Комплексность данных форм организации учебной и внеучебной деятельности, заключается в том, что решая организационные вопросы, педагог одновременно реализует и методические цели. Методические цели педагога, как правило, состоят в преобразовании технологий обучения, форм и методов учебной и внеучебной деятельности. Вводя в свой профессиональный арсенал социальные сети, учитель меняет

отношение к ним самих учеников. Они становятся не только средством общения и развлечения, но и средством обучения.

Заключение

На сегодняшний день освоение интернет пространства и пространства социальных сетей становится одной из основных задач современного учителя. В социальной сети существует ряд образовательных групп, которые может использовать педагог для решения этой задачи. Мы также создали несколько групп по образовательным предметам, которые активно используются в процессе обучения.

Следует отметить, что помимо освоения уже существующих социальных сетей, создаются новые специализированные социальные сети, основной целью которых является образование. Эти сети рассчитаны как на детскую аудиторию, так и на учителей и родителей.

Список литературы

1. Социальные сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://e-asveta.adu.by/index.php/distancionni-vseobuch/obuchenie-online/sredstva-dlya-organizatsii-obucheniya/110-social-network

Сервисы дистанционного обучения

С. Н. Батан, email: batan@msu.by

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Аннотация. *В данной работе рассматривается различные сетевые ресурсы, которые могут использоваться для дистанционного обучения.*

Ключевые слова: *системы дистанционного обучения, дистанционное образование, сопровождение дистанционного курса.*

Введение

На сегодняшний день технологии электронного обучения применятся для обеспечения как дистанционных курсов, так и классических форм обучения в образовательных организациях. Запуск eLearning в компании прежде всего связан с выбором системы дистанционного обучения (СДО или LMS).

Непосредственное отношение к электронному обучению имеет понятие «система управления обучением» (learning management system). Это понятие также претерпевало изменения с ходом времени, в связи с включением в него функций администрирования образовательной организации. Система управления обучением – приложение, используемое для администрирования, контроля, и обеспечения доступа слушателей учебных курсов к технологиям электронного обучения.

Традиционно, назначение системы управления обучением – предоставление возможности обмена материалами (контентом) по курсу и доступа к интерактивным средствам проверки знаний. Однако, с учетом современных особенностей применения, понятие системы управления обучением стало включать в себя средства администрирования и мониторинга образовательного процесса, а, модуль создания учебного контента (т.н. конструктор курсов LCMS) в некоторых LMS стал выноситься за пределы системы. Это деление характерно для образовательных организаций, специализирующихся на дистанционном обучении, при котором один и тот же курс может использоваться многократно, и участие преподавателя в оценке знаний минимально. При использовании в очном обучении такая архитектура создает дополнительные задержки при обновлении материалов, и затрудняет взаимодействие преподавателя и обучающихся.

© Батан С. Н., 2020

Другой тип систем управления обучением, как правило, включает функционал для совместной интерактивной работы в электронной среде с одной стороны и предоставляют возможность интеграции с внедренными управленческими системами для автоматического создания групп пользователей, назначения ролей, формирования учебных курсов. Пример типовых модулей для таких систем: файловое хранилище, оболочка для тестирования студентов, журнал успеваемости, задания, форумы, онлайн чат, библиотека, wiki-страницы. Такая архитектура взаимодействия более целесообразна при использовании LMS для поддержки процессов очного обучения. Следует отметить, что большинство современных систем позволяет комбинировать функционал и настраивать способы управления контентом и администрирования в зависимости от потребностей организации.

Исходя из вышесказанного, назначение системы управления обучением может включать или не включать в себя функционал для администрации образовательной организации и функционал для разработки курсов в зависимости от трактовки понятия LMS.

Понятие «Электронная образовательная среда» применяется некоторыми производителями программных средств и клиентами как синоним системы управления обучением. Этому понятию можно дать следующие определение: электронная образовательная среда – веб-приложение для обеспечения доступа преподавателей и студентов к электронным образовательным технологиям.

1. Краткий обзор сервисов дистанционного обучения

Moodle. На сегодняшний день Moodle несомненно одна из самых популярных СДО с открытым исходным кодом. Moodle предлагает пользователю различные панели инструментов, возможность отслеживать прогресс студентов и поддержку мультимедиа. Система дает возможность создавать курсы, адаптированные под мобильные телефоны, и довольно дружелюбно относится к интеграции дополнений от сторонних разработчиков. Moodle – это среда дистанционного обучения, предназначенная для создания качественных дистанционных курсов. Этот программный продукт используется более чем в 100 странах мира университетами, школами, компаниями и независимыми преподавателями. По своим возможностям Moodle выдерживает сравнение с известными коммерческими системами управления учебным процессом, в то же время выгодно отличается от них тем, что распространяется в открытых исходных кодах – это дает возможность адаптировать ее под особенности каждого образовательного проекта, дополнить новыми сервисами [1].

Ё-СТАДИ. Онлайн-платформа для организации дистанционного обучения Ё-СТАДИ – бесплатная российская разработка для дистанционного образования [2]. Для начала работы необходимо зарегистрироваться на сайте и создать «рабочую область» – персональное пространство организации, где будут размещаться учебные материалы и задания для обучающихся. Отличие от классических LMS состоит в том, что функционал ориентирован на практическую работу. Ё-Стади, безусловно, позволяет публиковать учебные материалы, но большая часть системы предназначена для всевозможной оценки знаний и тестирования. Ё-Стади содержит достаточное количество инструментов для организации обучения и тестирования.

ATutor. Можно установить или обновить ATutor за считанные минуты, разработать пользовательские шаблоны для изменения внешнего вида ATutor, а также легко расширить его модульную функциональность. Преподаватели при желании могут быстро собрать, упаковать, и перенести Web-содержание, а также представлять свои курсы в Интернете.

Eliademy. Для преподавателей и кураторов обучения данная система является полностью бесплатной. Eliademy предлагает каталоги курсов электронного обучения, инструменты оценки и даже мобильное приложение для Андроида для тех преподавателей, которые стремятся развивать мобильные курсы и нацелены на людей, предпочитающих учиться «на бегу». Координаторы электронного обучения могут легко и просто загружать курсы и рассылать приглашения для учеников на их адреса электронной почты.

Dokeos. Dokeos – система дистанционного обучения с открытым исходным кодом, распространяемая свободно. Система имеет весь стандартный функционал аналогичного программного обеспечения: форумы, чаты, html-документы и пр. Dokeos работает на профессиональный бизнес в соответствии с моделью, основанной на открытом коде для развития сетевых сообществ, профессионального консалтинга, сервисов обеспечения качества услуг, а также сервисов подписки для поддержки клиентов. Эта система предлагает множество готовых шаблонов и курсов электронного обучения и конечно же авторские инструменты.

ILIAS. Эту систему дистанционного обучения можно назвать первой открытой системой, соответствующей таким стандартам систем дистанционного обучения, как SCORM 1.2 и SCORM 2004. Эта гибкая универсальная система отвечает всем основным требованиям, необходимым для успешных продаж авторских курсов. Следует

отметить, что ILIAS одна из немногих систем дистанционного обучения, которую можно использовать, как полноценную платформу для электронного обучения, благодаря возможности общения внутри команды и передачи и хранения всех документов. Система абсолютно бесплатна для всех организаций, занимающихся электронным обучением, вне зависимости от количества пользователей.

Opigno. Возможности, предоставляемые системой Opigno не могут не радовать. Сертификаты, расписание занятий, форумы, авторские инструменты электронного обучения, система оценок и видео галереи – это лишь немногое из внушительного списка функций, доступных пользователю. Эта система дистанционного обучения написана на Drupal – популярной системе управления контентом. Это дает вам возможность управлять учебными программами, отслеживать успехи учащихся и интегрировать электронную коммерцию, используя всего один инструмент. Также Opigno предлагает пользователю онлайн-опросы, возможность пересылки мгновенных сообщений и чат, что дает возможность для быстрого предоставления и получения обратной связи и эффективного сотрудничества.

OLAT. Система OLAT была создана в 1999 году в Университете Цюриха. С тех пор система достаточно активно развивается. В целом OLAT достаточно качественная и функциональная система, но мало отличима от других аналогов. Функционал системы достаточно обширен и включает в себя все основные инструменты, необходимые для подобного программного обеспечения. В основном продукт OLAT используется в Европе. Система OLAT может успешно использоваться и в отечественных организациях. Система полностью русифицирована и поддерживает кодировку UTF-8. Однако, как чаще всего и бывает, к сожалению, документации и поддержки на русском языке нет.

iSpring Online. Чтобы начать работу, достаточно зарегистрироваться на сайте, загрузить учебные материалы и назначить сотрудникам. Управлять СДО может один человек. В СДО можно загрузить неограниченное количество учебных материалов. Система собирает детальную статистику и помогает контролировать успеваемость сотрудников. Отчеты показывают какие курсы пользователь завершил, какой проходной балл набрал, сколько допустил ошибок в тесте. Можно демонстрировать рабочий стол, презентацию или видео, писать в общий и личный чат. Система автоматически отправляет участникам напоминание о ближайшей онлайн-встрече и сообщает об изменении в расписании. Записи вебинаров сохраняются.

Teachbase. Российская разработка системы дистанционного обучения Teachbase получила признание не одного десятка компаний.

Сервис идеально подходит для решения задач корпоративного обучения, но вполне применим и частными тренерами. Teachbase – система с удаленным доступом, а это значит, что не нужно устанавливать ее на компьютер, обслуживать и настраивать. Для создания курса (или его прохождения) потребуется доступ в интернет и компьютер или мобильное устройство. Ключевая особенность – простота. Все интуитивно понятно, благодаря наглядному интерфейсу. Создать и запустить курс самостоятельно займет даже у новичка не больше часа. Возникшие вопросы оперативно решаются сотрудниками «Интернет Школы» (создатели сервиса). При всей простоте работы, в Teachbase широкий функционал. Для бесплатной работы в Teachbase количество активных слушателей должно быть не более 5 человек в месяц.

Заключение

Системы дистанционного обучения достаточно давно известны преподавателям вузов [3]. А вот школы электронное обучение открыли для себя недавно. Рассмотренные нами системы дистанционного обучения распространяются бесплатно и могут показаться вам интересными.

Список литературы

1. Образовательный портал Могилевского государственного университета имени А.А.Кулешова [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://moodle.msu.by

2. Система дистанционного обучения Ё-стади [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://your-study.ru

3. Открытый каталог по дистанционному обучению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dlearn.org/directory/СДО

Использование технологии дистанционного обучения в учебном процессе

О. Н. Волова, email: volova-36@yandex.ru

МОУ «Новохоперсня гимназия №1», г. Новохоперск

Аннотация. *В МОУ «Новохоперская гимназия №1» реализуется две модели дистанционного обучения. Занятия по технологии ВКС и интеграция очного и дистанционного обучения. В разные годы вторую модель реализовывали используя такие образовательные платформы, как «Телешкола», информационный ресурс центра образования «Технологии обучения». На сегодняшний день с успехом используются такие обучающие платформы как, «Учи.ру» (в начальной школе и среднем звене) и «ЯКласс» (в среднем и старшем звене). Кроме учебных занятий в гимназии организуются и другие формы дистанционного взаимодействия.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, модель.*

Введение

Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий в начале XXI века оказало существенное влияние и на развитие образования во всем мире. Персональный компьютер и Интернет стали неотъемлемой частью бытия и сознания человека. Дистанционное обучение сегодня – реалия жизни. Эта технология обучения базируется на использовании компьютеров и телекоммуникационной сети. Компьютерные средства связи снимают проблемы расстояний и делают более оперативной связь между учителем и учеником. Сегодня получение качественного общего образования невозможно без широкого использования дистанционного обучения. Использование дистанционных технологий в образовании повышает возможность вариативности способов получения образования, облегчает доступ к информации учителей и учащихся, позволяет по-новому организовать взаимодействие учеников и педагогов, способствует развитию познавательной самостоятельности школьников. Поэтому применение на практике дистанционных технологий является актуальным для любого учителя-предметника и руководителя образовательной организации.

© Волова О. Н., 2020

Исследованию различных аспектов обучения с использованием информационных и коммуникационных технологий посвящены работы многих зарубежных и отечественных исследователей.

Правовые основы дистанционного обучения содержатся в действующем Законе РФ «Об образовании». Порядок использования дистанционных образовательных технологий сегодня регламентирует приказ № 137 от 06.05.2006 «Об использовании дистанционных образовательных технологий». В рамках приоритетного национального проекта «Образование» все образовательные учреждения подключены к сети Интернет.

Основными потребителями дистанционного обучения являются: учащиеся, которые не могут по причине болезни, временно или постоянно, посещать учебное заведение; дети с ОВЗ; школьники, уехавшие с родителями за границу, но желающие получить аттестат Российского образца о среднем образовании; учащиеся, живущие в отдаленных от центра районах и желающие обучаться на профильном уровне тому или иному предмету, но не имеющие для этого возможности в традиционной очной форме.

1. Модели дистанционного обучения с точки зрения методики проведения учебного процесса

В настоящее время существующая сеть открытого и дистанционного образования в мировой практике базируется на известных моделях [1]. Каждая из представленных моделей имеет свою специфику и предназначена для решения конкретных дидактических задач.

Интеграция очного и дистанционного обучения.

Это наиболее перспективная модель, как показывает уже накопленная практика, причем применительно как к школьному образованию, так и к обучению в колледже, техникуме, вузе. В школе ДО может использоваться:

- при проведении профильных курсов наряду с очным обучением;
- при проведении курсов для ликвидации пробелов в очном обучении;
- в самостоятельной, проектной, исследовательской деятельности (с ОО);
- в работе по индивидуальным программам.

Сетевое обучение.

Структурированное информационно-образовательное пространство с курсами согласно учебному плану, с библиотеками (электронными учебниками, словарями, энциклопедиями), лабораторными и практическими занятиями, экскурсиями, системой контроля

представляет собой целостную образовательную систему курса (с дифференциацией) той или иной специальности с полным набором всего информационного массива, необходимого и достаточного для достижения поставленных задач обучения в данной образовательной системе. Обязательно должна быть возможность использования различных педагогических и информационных технологий, работа в форумах, чатах, телеконференциях, организация совместных проектов. Отличительной чертой информационно-образовательного пространства при сетевом обучении является административный блок, где должна быть предусмотрена регистрация, мониторинг, личные дела, права доступа.

Дистанционное обучение и кейс-технологии.

Модель сетевого обучения и кейс-технологий предназначена для дифференциации обучения. В большом количестве случаев нет необходимости в создании электронных сетевых учебников, если существуют уже утвержденные Министерством образования печатные пособия. Гораздо эффективнее строить обучение, опираясь на уже изданные учебники и учебные пособия и с помощью дополнительного материала, размещаемого в сети либо углублять этот материал для продвинутых учащихся, либо давать дополнительные разъяснения, упражнения, использовать информационные ресурсы Интернет. При этом предусматриваются консультации преподавателей, система тестирования и контроля, дополнительные лабораторные и практические работы, совместные проекты.

Дистанционное обучение на базе ВКС.

Модель интерактивного телевидения связана с телевизионными технологиями. Это трансляция занятий с помощью видеокамер и телевизионного оборудования на расстоянии. Эта модель полностью имитирует очную форму. С ее помощью на уроке в классе присутствуют удаленные учащиеся, с которыми учитель и учащиеся могут вступать в контакт (по типу телемоста). Соответственно, данная модель требует присутствия учащихся (как и в очной форме) в определенное время в определенном месте.

2. Направления дистанционного обучения в МОУ «Новохоперская гимназия № 1»

Участники дистанционного обучения используют Skype, программу AdobeConnect или другую программу сетевого взаимодействия и материалы учебной среды. Учитель регулирует и контролирует деятельность учащихся, оценивает процесс усвоения полученных учеником знаний.

Направления дистанционного обучения в МОУ «Новохоперская гимназия № 1» таковы:

– обучение с помощью системы видеоконференцсвязи (ВКС);
– обучение с помощью программы SKYPE;
– обучение посредством информационной образовательной платформы Дневник.ру;
– обучение посредством информационной образовательной среды i-class;
– организация и проведение дистанционных семинаров в системе ВКС.

С сентября 2013 года Новохоперская гимназия стала специальным центрам дистанционного обучения. В нашем образовательном учреждении установлено оборудование для видеоконференцсвязи. Для учителей и обучающихся дистанционное обучение уже не лежит в плоскости инноваций, как это было шесть лет назад. На сегодняшний день занятия по технологии дистанционного обучения проходят с МКОУ «Каменка-Садовская ООШ» и МКОУ «Новохоперская ООШ» по информатике, химии, физике и окружающему миру.

Кроме того, по дистанционные занятия учителя гимназии проводят с детьми-инвалидами из Россоши, Воронежа и Нижнедевицка. Занимаясь с помощью компьютера, ребенок-инвалид перестает быть ограниченным в пространстве, - у него появляется связь буквально со всем миром. У ребенка появляется возможность пользоваться обширными электронными информационными фондами, увеличиваются способы доступа к ним, расширяется его информационно-познавательное поле, позволяющее поддерживать интерес к учебе развивать интеллект.

Ребенку с ограниченными возможностями очень важно, чтобы с ним общались – дети, сверстники, друзья, взрослые, педагоги, ему важно быть, пусть на расстоянии, но вместе со всеми! Ребенку важно, также как и его друзьям, имеющим возможность ходить в школу, получать знания, делиться своими умениями. Поэтому кроме индивидуального обучения детей-инвалидов возможно их обучение с эффектом «присутствия на уроке», которое позволяет находиться в постоянном дистанционном контакте с учителем, одноклассниками, получать задания и выполнять их, не выходя из дома. Важна и воспитательная роль дистанционных уроков. В учебном процессе стирается грань во взаимоотношениях между обычными детьми и детьми с ОВЗ, формируются высокие нравственные отношения.

Другое направление дистанционного обучения – это процесс дистанционных занятий в пансионате «Репное», на базе которого в

целях поддержки способных и талантливых детей организуются профильные смены для одаренных детей в возрасте от 10-16 лет – победителей областных конкурсов, фестивалей, смотров и соревнований по различным направлениям интеллектуальной и творческой деятельности. При организации дистанционного обучения одаренных детей на уроке учитель в удаленном доступе предоставляет материал из собственного ресурса или из контента i-школы Центра образования «Технологии обучения» (г. Москва) на сайте http://iclass.home-edu.ru/ . Особенность работы с одаренными детьми в том, что каждые три недели меняется состав классов и направления деятельности, в которых учащиеся показывают выдающиеся особенности. Кроме этого в одном классе могут заниматься дети разных возрастов.

И еще, на что следует обратить внимание – интеграция дистанционного и очного обучения весьма продуктивна. Часть материала можно перенести на дистанционную форму. На мой взгляд, прохождение образовательных курсов индивидуально в дистанционной форме значительно повысит подготовленность учеников в различных дисциплинах. Очень часто мы предлагаем учащимся в качестве домашнего задания пройти тесты, созданные в информационной среде «Дневник», различные он-лайн тренажеры для подготовки к ГИА и ЕГЭ.

Кроме учебных занятий в гимназии организуются и другие формы дистанционного взаимодействия:

– учащиеся 4-9 классов проходят процедуру независимого оценивания два раза в год с использованием дистанционных технологий;

– участие в дистанционных олимпиадах и конкурсах. Гимназия является площадкой дистанционной игры для учащихся начальных классов «Знайка» и игры по информатике «Инфознайка»;

– на базе гимназии проводятся дистанционные семинары со школами «спутниками» в режиме ВКС.

Заключение

Поле для исследований в сфере дистанционного образования огромно, и начинать работу лучше с практики. Организация дистанционного обучения для школьников не нацелена на массовое обучение, на замену традиционного обучения. В общеобразовательной школе его область применения тоже достаточно широка в отношении как учащихся, так и учителей. Образовательный потенциал дистанционного обучения в школе позволяет решать следующие задачи:

1. Индивидуализировать обучение, выстраивать индивидуальный образовательный маршрут при реализации ИУП обучающегося.

2. Повышать общедоступность образования: возможность организации полноценного обучения, развития и социализации детей с ОВЗ.

3. Предоставлять возможность полноценного прохождения образовательных программ по предметам УП без пробелов (в случае длительных перерывов в занятиях по объективным причинам, в периоды межсезонья в отдаленных ОО).

4. Предоставлять возможность организации сетевого дистанционного взаимодействия ОО с другими организациями социальной сферы.

В МОУ «Новохоперская гимназия № 1» системно дистанционное обучение применяется 7-й год. Наблюдается рост количества учащихся и учителей, использующих данную технологию в образовательном процессе.

Список литературы

1. Педагогические технологии дистанционного обучения : учебное пособие для студентов вузов, обуч. ро педагогическим специальностям (ОПД.Ф.02 - Педагогика) / под ред. Е. С. Полат ; Е. С. Полат [и др.]. – М. : ACADEMIA, 2006. – 391, [1] с.

Опыт использования информационных технологий в сфере дистанционного обучения

А. М. Зимарин, email: zimarinalex@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной статье рассматривается опыт использования информационных технологий в сфере дистанционного обучения на примере нескольких бывших высших учебных заведений.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, образовательные технологии, электронные учебные курсы, образование, высшее учебное заведение.*

Введение

Современное состояние науки и образования, обусловленное экономическими и социальными факторами, характеризуется повышением требований к качеству подготовки специалистов и определяет постоянный поиск новых методов и средств повышения эффективности образовательного процесса. Средства дистанционного обучения (ДО) обеспечивают адаптацию процесса обучения к индивидуальным характеристикам обучаемых, освобождают преподавателей от ряда трудоемких и часто повторяющихся операций по представлению учебной информации и контролю знаний, способствуют разработке объективных методов контроля знаний и облегчают накопление учебно-методического опыта.

Дистанционное обучение обеспечивается применением совокупности образовательных технологий, при которых целенаправленное опосредованное или не полностью опосредованное взаимодействие обучающегося и преподавателя осуществляется независимо от места их нахождения и распределения во времени на основе педагогически организованных информационных технологий, прежде всего с использованием средств телекоммуникаций. Основными дистанционными образовательными технологиями (ДОТ) являются следующие технологии: кейсовая (кейс-) технология, интернет-технология (сетевая технология), телекоммуникационная технология [1]. При этом наиболее эффективным путем является комбинированное использование указанных технологий.

© Зимарин А. М., 2020

Кейсовая технология – это ДОТ, основанная на предоставлении обучающимся информационных образовательных ресурсов в виде специализированных наборов учебно-методических комплексов, предназначенных для самостоятельного изучения (кейсов) с использованием различных видов носителей информации.

Интернет-технология (сетевая технология) – это ДОТ, основанная на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Создание и организация ДО на основе этой технологии требует использования развитых специализированных программных средств (оболочек), позволяющих создавать и поддерживать электронные курсы, а также организовывать процесс обучения на их основе и обеспечивать интерактивное взаимодействие между преподавателем и обучаемым.

Телекоммуникационная (информационно-спутниковая) технология – это ДОТ, основанная на использовании преимущественно космических спутниковых средств передачи данных и телевещания, а также глобальных и локальных сетей для обеспечения взаимодействия обучающихся с преподавателем и между собой и доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам, представленным в виде цифровых библиотек, видеолекций и других средств обучения.

1. Технологии дистанционного обучения

Проведенный анализ показал, что с научно-технической точки зрения наиболее содержательными и перспективными являлись технологии обучения, применяемые в Московском государственном университете экономики, статистики и информатики (МЭСИ) и Современной гуманитарной академии (СГА), деятельность которых была прекращена в 2015 и 2017 годах соответственно.

Дистанционное обучение в МЭСИ проводилось с использованием двух технологий: кейс-технологии и сетевой технологии.

При использовании кейс-технологии обучающийся оформлял документы в МЭСИ. Ему на региональный центр высылался кейс, содержащий учебно-практические пособия, контрольные задания, тесты для самостоятельного обучения. Средняя продолжительность обучения по одному учебному курсу составляла 1–3 месяца. В год обучающийся сдавал до 20 курсов. Процесс обучения заканчивался однодневным семинаром, проводимым центром, и экзаменом в письменной и устной форме.

Сетевая технология развивалась через Интернет. В университете были созданы функциональные подразделения, обеспечивающие организацию дистанционного обучения: научно-исследовательский институт управления знаниями, мультимедийная лаборатория, Центр проектирования контента. Сотрудниками МЭСИ были разработаны методика применения электронного обучения, методика преподавания в СДО, стандарты создания электронных курсов и мультимедийных учебников, была создана и успешно внедрена система оценки качества. Одним из достижений МЭСИ в области использования современных образовательных технологий являлась разработка электронных учебных курсов по дисциплинам учебных планов университета.

С помощью информационно-образовательных оболочек (WebCT, Прометей) разрабатывались сетевые электронные учебные курсы, которые размещались на сервере контента.

Курсы, разработанные в МЭСИ, были приняты во всем мире для формирования содержания электронных учебных курсов. С технологической точки зрения, данные курсы отвечали спецификациям IMS и SCORM, которые обеспечивали повторное использование материалов курса и эффективный обмен между учебными заведениями.

Технологическая среда МЭСИ была представлена распределенной локальной сетью, интегрированной с глобальной сетью Интернет.

Вся информационная и технологическая среда в конечном итоге сводилась в единый информационный портал МЭСИ. Электронное обучение в МЭСИ использовалась на всех формах обучения: в качестве основной технологии для обучения слушателей заочного отделения и слушателей магистерских программ, а также в качестве поддерживающей технологии для студентов дневных и вечерних отделений.

В основу образовательной технологии Современной гуманитарной академии (СГА) была положена телекоммуникационная (информационно-спутниковая) технология.

Спутниковое образовательное телевидение рассматривалось в СГА как мощное средство повышения качества образовательного процесса, так как позволяло привлечь для занятий лучших профессоров и специалистов, представить им современные средства обучения, и донести эти занятия, не теряя их качества, до любого населенного пункта в режиме реального времени.

В основу обучения СГА был положен модульный принцип, предполагающий разделение учебной дисциплины на логически замкнутые блоки, называемые модулями, в рамках которых проходило как изучение нового материала, так и контрольные мероприятия по

проверке его усвоения. Модули являлись зачетными единицами. Изучение каждого модуля было рассчитано примерно на 45 академических часов, что включало обязательную аудиторную и самостоятельную работу студента.

Основными информационными образовательными ресурсами, обеспечивающими каждый модуль изучаемых учебных дисциплин, являлись учебно-методические комплексы (УМК). Назначение УМК – обеспечение эффективной работы обучающихся по всем видам занятий в соответствии с учебным планом образовательной программы.

УМК включали в себя учебные продукты и учебно-методические материалы в электронном виде и на бумажных носителях: рабочую программу дисциплины; рабочие учебники; вводные и модульные лекции, выполненные в виде телелекций, слайдлекций и аудиолекций; информационные и методические материалы по коллективным тренингам; обучающие компьютерные программы; профессиональные лабораторные работы; тестовые базы для оперативного тестирования и тренинга по каждому модулю; базы вопросов промежуточной аттестации по дисциплине; тексты по спискам основной и дополнительной научной и учебной литературы и информационно-справочные материалы - справочники, словари и т.д. (тексты в телекоммуникационной двухуровневой библиотеке); методические материалы для организации самостоятельной работы.

ДОТ СГА включали следующие способы организации взаимодействия обучающихся с единым профессорско-преподавательским составом СГА, объединенным посредством телекоммуникаций:

– цифровую спутниковую связь, через которую студенты, независимо от своего места нахождения, получали возможность изучать лекции и учебные материалы, разработанные ведущими в своих областях учеными и специалистами;

– обратную связь обучающихся с ППС, реализуемую в асинхронном режиме с применением созданной в базовом вузе системы IP-хелпинга. Эта система обеспечивала через Интернет возможность каждому студенту задавать вопросы по изучаемым дисциплинам и технологии обучения. Вопросы и ответы накапливаются в базе данных IP-системы, к которой студенты имели доступ с возможностью поиска;

– электронную переписку через форум на сайте СГА для оперативного взаимодействия студентов с руководством СГА, ППС и между собой;

– телемосты, применяемые в учебном процессе, а также в системе повышения квалификации сотрудников;

– очные занятия с преподавателями (выездные консультации и чтение проблемных лекций специалистами, в том числе зарубежными профессорами и т.д.).

В СГА была создана и успешно функционировала, в том числе в каждом филиале, корпоративная автоматизированная информационная система (ИС «Луч»), которая обеспечивала более 70% документооборота вуза в безбумажном варианте, единство образовательного процесса, осуществляемого вузом и его территориально обособленными подразделениями. ИС «Луч» – система, которая осуществляла администрирование учебного процесса, охватывала все основные педагогические процессы и предоставляла информацию для принятия управленческих решений. Остальные 30% документооборота во всех филиалах осуществляются с применением электронной почты (примерно 20%) и традиционной почтовой связи (около 10%).

Стоит также отметить, что в СГА также применялась и сетевая технология. Основой этой технологии являлась распределенная образовательная среда Lotus LearningSpace, позволяющая создавать сетевые электронные учебные курсы. Данный продукт полностью совместим с возможностями web-сервера Lotus Domino и программы поддержки общекорпоративной электронной почты Lotus Notes. Причем удаленный доступ студентов в образовательную среду LearningSpace мог осуществляться как посредством Lotus Notes, так и через Интернет-браузеры.

Заключение

Обобщая опыт использования технологий дистанционного обучения в МЭСИ и СГА, можно сделать вывод об их высокой эффективности в образовательном процессе. Интеграция вышеперечисленных направлений дистанционного обучения наполнило новым содержательным смыслом понятие информационной образовательной среды. Фактически это должна быть открытая информационная система для всех участников образовательного процесса различных уровней. Руководство Министерства образования и науки РФ пришло к пониманию того, что в современных условиях невозможно добиться качественных результатов в образовании без создания единой информационной образовательной среды. Основу такой среды должна составить система образовательных интернет-порталов, которая должна обеспечить информационную поддержку образовательного процесса во всех его аспектах для всех уровней образования и форм обучения.

Пользователями такой системы являются обучающиеся различных уровней (школьники, студенты, аспиранты, специалисты различных сфер), педагоги (преподаватели, тьюторы), научные сотрудники, административные работники органов управления образованием и образовательных учреждений.

Список литературы

1. Роберт, И. В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы, перспективы использования / И. В. Роберт. – М.: Школа-Пресс, 1994. – 205 с.

Дистанционное обучение математике. Опыт реализации

Т. О. Калинина, email: kalinina-t-o@yandex.ru [1]
С. О. Добрикова, email: dobrikova-s-o@yandex.ru [2]
Н. В. Калинин, email: korl111@yandex.ru [3]

[1] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей № 15 г. Воронеж
[2] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 74 г. Воронеж
[3] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей № 3 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение дистанционного обучения математике. Подчеркиваются аспекты развивающей эффективности такого образования за счет дифференциации обучения и выстраивания индивидуальной образовательной траектории ученика.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, дистанционные средства обучения, информационные и телекоммуникационные технологии, электронные ресурсы.*

Введение

Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационных и телекоммуникационных технологий при опосредованном (на расстоянии) или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося и педагогического работника.

Дистанционные образовательные технологии:

– обеспечивают на базе компьютерных телекоммуникаций возможность выбора учащимися широкой номенклатуры содержания образования в зависимости от потребностей;

– позволяют сформировать условия для оформления индивидуальных учебных планов учащихся и на их основе образовательных траекторий;

– создают условия для формирования и наполнения портфолио учащихся;

– дают возможность вовлечения широкого круга старшеклассников в процесс подготовки к ЕГЭ путем формирования разноуровневых групп и дифференциации заданий;

© Калинина Т. О., Добрикова С. О., Калинин Н. В., 2020

– позволяют использовать обширные банки учебной информации, базы данных, ресурсы интернета; обеспечивают высокую скорость и оперативность получения информации, формируют умения и навыки работы с большим массивом информации.

Образовательный процесс, реализуемый через дистанционные технологии, позволяет:

– увеличить долю самостоятельных занятий обучающихся, не имеющих возможности ежедневного посещения занятий;

– вести обучение учащихся с ограниченными возможностями здоровья;

– совершенствовать методическое и дидактическое обеспечение этого процесса со стороны школы, а также регулярный систематический контроль и учет знаний обучающихся;

– заниматься индивидуально с мотивированными детьми.

1. Направления дистанционного обучения

Из опыта работы можно выделить следующие направления дистанционного обучения:

1. Обучение детей с ограниченными возможностями здоровья. Такое обучение предполагает создание индивидуального учебного плана и рабочей программы по математике для обучающихся на дому. Занятия проводятся по расписанию в соответствии с учебным планом школы. Учитель проводит урок посредством программы Скайп. Данный способ взаимодействия предполагает использование онлайн учебников, дидактических материалов, презентаций и т.д. Помимо этого учитель и ученик на протяжении всего урока находятся в личном контакте, учитель постоянно контролирует все учебные действия обучающегося путем оперативной обратной связи.

2. Обучение школьников, пропустивших занятия. Дети, отсутствовавшие на уроках в школе по различным причинам (спортивные сборы, соревнования, болезнь, трудная жизненная ситуация и т.п.), в соответствии с ФГОС должны усвоить программный материал по математике. Чтобы помочь таким учащимся освоить пропущенный материал, создан банк электронных ресурсов, включающий в себя презентации по темам, ссылки на видеоуроки, обучающие таблицы, учебно-тренировочные материалы. Данные ресурсы размещены в федеральной сети дневник.ру в форме файлов, прикрепленных к домашним заданиям и объявлений на страницах классов.

3. Обучение мотивированных школьников. Для учеников с высокой мотивацией к изучению математики дополнительно к домашнему заданию еженедельно предлагается блок задач повышенного

уровня сложности, комментарии к ним, нестандартные способы решения. Также путем размещения объявлений детям предлагается принять участие в математических олимпиадах и конкурсах различных уровней. Материал, не входящий в содержание базовой программы по математике, но необходимый для решения задач повышенного уровня сложности, представлен в форме интерактивных презентаций и видеоуроков и предлагается для самостоятельного изучения. Все эти ресурсы также размещены в федеральной сети дневник.ру.

Тренинг для подготовки к сдаче выпускных экзаменов по математике. ОГЭ и ЕГЭ по математике в 9 и 11 классах являются обязательными. Учитывая необходимость систематической тренировки учащихся для успешного прохождения государственной аттестации, разработана и введена в действие система индивидуальных заданий для выпускников. К домашнему заданию в дневнике.ру прикрепляются КИМы в системе Юзтест в соответствии с изученным программным материалом. Учащиеся выполняют эти тесты онлайн с автоматической оценкой результатов. Результаты данных тестов видит и ученик и учитель. Задания, аналогичные тем, которые выполнены неверно, отрабатываются повторно с последующим вторичным тестированием.

В работе [1] показаны такие преимущества дистанционного обучения как высокая скорость, оперативность получения информации, которые обеспечивают максимальную интерактивность между участниками образовательного процесса, возможность построить для каждого обучающегося индивидуальную образовательную траекторию, вовлечь широкий круг учащихся при обеспечении высокого научного и доступного уровней обучения, формировать навыки работы с большим массивом информации.

Заключение

Использование дистанционного обучения математике является мощным методом в плане возможности расширить доступность предоставления образовательных услуг учащимся. Позволяет проводить занятия удаленно, особенно это важно для детей с ограниченными возможностями здоровья, спортсменов, одаренных учащихся. Дает возможность осуществлять образовательный процесс в индивидуальном режиме, если учащийся пропустил занятие или его собственная образовательная траектория опережает деятельность класса.

Дистанционное образование заменяет многие традиционные средства обучения, позволяет поддерживать у школьников интерес к изучаемому предмету, а учителю оперативно сочетать разнообразные средства, экономить учебное время и индивидуализировать процесс обучения.

Список литературы

1. Генне, О. В. Дистанционное обучение – новый шаг в развитии системы образований [Текст] / О. В. Генне // Защита информации. Конфидент. – 2004. – № 3. – С. 36-39.

Дистанционное обучение: плюсы и минусы. Система дистанционного обучения Moodle. Основные возможности системы

Е. В. Карпова, email: elena-karpova-93@mail.ru

МБОУ СОШ № 88 с углубленным изучением отдельных предметов

Аннотация. *В данной статье рассмотрены разновидности технологий дистанционного обучения, а также средства, используемые при обучении в дистанционном режиме. Кроме того, указаны преимущества и недостатки дистанционного обучения наряду с традиционным, рассмотрена система для дистанционного обучения Moodle, являющаяся одной из самых распространенных в настоящее время систем для реализации данного вида обучения.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, кейс-технология, телевизионно-спутниковая технология, сетевая технология, дистанционная система Moodle, ресурсы.*

Введение

В настоящее время сформировались множество различных проблем в образовании. При этом постановка и выбор проблемы определяют развитие любого образовательного учреждения. Задача педагога – донести до учащихся знания таким образом, чтобы они усвоились максимально лучшим способом. При этом, не стоит забывать о воспитании культурных ценностей и гражданского понимания.

XXI век – век стремительного развития и внедрения новых инновационных и коммуникационных технологий, включая обучение с использованием дистанционных образовательных технологий [1].

Сегодня система образования делает ставку на данный вид обучения, который позволяет включить большее количество субъектов в образовательное пространство, желающих повысить свою квалификацию, мастерство, получить дополнительное профессиональное образование.

Дистанционное обучение, по сравнению с традиционным обучением, подразумевает организацию учебного процесса, при котором педагог разрабатывает учебную программу, главным образом базирующуюся на самостоятельном обучении.

© Карпова Е. В., 2020

Данный вид обучения актуален в настоящее время, т.к. прогресс общества переместился в информационную сферу, в которой постоянно происходят различные изменения.

Реализация дистанционного обучения требует специальных педагогических технологий, представленных на рис. 1.

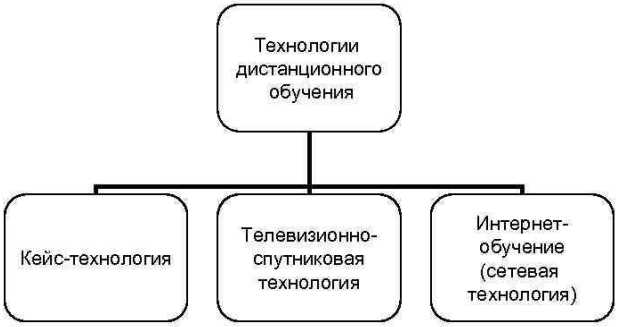


Рис. 1. Технологии дистанционного обучения

Кейс-технология – технология, основанная на комплектовании наборов (кейсов) учебно-методических материалов (на бумажных носителях и компакт-дисках) и рассылке их обучающимся для самостоятельного обучения [2].

Кейс-технологии, в основе которых лежит составление для учащегося типового или индивидуального кейса, содержащего пакет с учебной литературой, мультимедийным ресурсом, комментариями педагога, заданиями для самопроверки и т.д.); телевизионные технологии; интернет-технологии.

Телевизионно-спутниковая технология — технология обучения с использованием телевизионных средств [2].

Сетевая технология – технология, базирующаяся на использовании сети Интернет для обеспечения студентов учебно-методическими материалами и для обучения [2].

Средства дистанционного обучения включают в себя: электронные варианты учебных изданий; образовательные web-сайты; сетевые курсы; компьютерные обучающие системы; учебные аудио- и видеоматериалы; лабораторные дистанционные практикумы; электронные библиотеки; голосовую почту и многое другое.

1. Плюсы и минусы дистанционного обучения

Дистанционное обучение, наряду с традиционным, включает в себя ряд новшеств.

Во-первых, дистанционное обучение подразумевает процесс получения знаний в любое время в любом месте, что является очень удобным критерием для людей, желающих получить дополнительное образование с одновременной экономией времени, без отрыва от основного вида деятельности или же для людей, не имеющих возможности для очного обучения.

Во-вторых, процесс дистанционного обучения обеспечивает широкий доступ к различным образовательным ресурсам, позволяющим дистанционно обучаться по различным дисциплинам.

В-третьих, процесс дистанционного обучения не исключает процесс прерывания образования, а в дальнейшем его восстановление по неким причинам.

В-четвертых, дистанционное обучение предполагает индивидуальный темп деятельности, в процессе которого обучающийся могут выполнять перечень заданий с различной скоростью, в удобное для него время, нежели во время очного обучения, где время может быть ограничено.

Наряду с положительными сторонами данного вида обучения, можно выстроить иерархию отрицательных сторон.

Во-первых, отсутствует личный контакт педагога и обучающегося (за исключением связи online), на основе чего теряется наличие эмоций, окрас общения. У педагога нет возможности лично пообщаться с обучающимся, полностью выявить уровень его знаний и умений, а также определить более сильные и более слабые стороны при изучении дисциплины.

Во-вторых, отсутствует личных контакт обучающихся между собой, на основе чего теряется развитие коммуникабельности, мышления, памяти и воображения, т.к. посредством общения обучающиеся могут дискуссировать, рассматривать различные варианты решения тех или иных задач и проблем, принимать определенные решения и т.д.

В-третьих, отмечается недостаток практических занятий, необходимых обучающемуся для изучения и закрепления определенного материала.

Практическая направленность имеет важную составляющую для обучающихся, т.к. на ее основе происходит наибольшее проявление интереса к изучению дисциплины, а также более точное и углубленное

изучение материала, возможность ответить на вопросы посредством практической реализации поставленных целей и задач.

В-четвертых, при организации дистанционного обучения следует учитывать ряд индивидуально-психологических условий. Для дистанционного обучения необходима самодисциплина, результат чего напрямую зависит от самостоятельности и сознательности обучающегося.

В-пятых, отсутствует постоянный контроль над обучающимся, а также определенный стимул для обучения, что является важнейшими критериями в процессе обучения.

В-шестых, можно отметить недостаточную компьютерную грамотность: не всегда и не везде имеется доступ к глобальной сети «Интернет», что делает процесс дистанционного обучения недоступным.

Следующей причиной является трудоемкость в разработке курсов, т.к. дистанционное обучение предполагает процесс получения знаний по иной программе, направленной в большей степени на самостоятельное изучение определенного материала.

Кроме того, отмечается узкий круг специалистов в данной области.

Стоит также отметить недостаточную разработку обучающих программ и курсов, на основе которых реализуется процесс дистанционного обучения [3].

2. Дистанционная система Moodle. Основные возможности системы

Дистанционная система Moodle – это система управления содержимым сайта (Content Management System – CMS), которая разработана для создания онлайн-курсов преподавателями [4].

Дистанционная система Moodle – это инструментальная среда для разработки как отдельных онлайн-курсов, так и образовательных web-сайтов [4].

Система Moodle предполагает процесс входа в систему, пример которого показан на рис. 2.

Система Moodle предлагает широкий спектр возможностей для полноценной поддержки процесса обучения в дистанционной форме – добавление тем (новости), разработку различного вида заданий, опросов, создание анкет, глоссариев, семинаров и т.д., представленных на рис. 3.

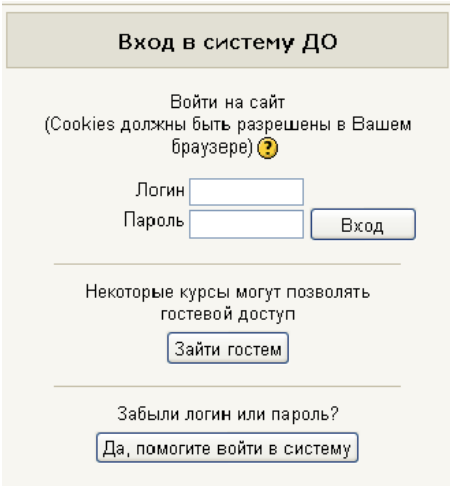


Рис. 2. Процесс входа в систему Moodle

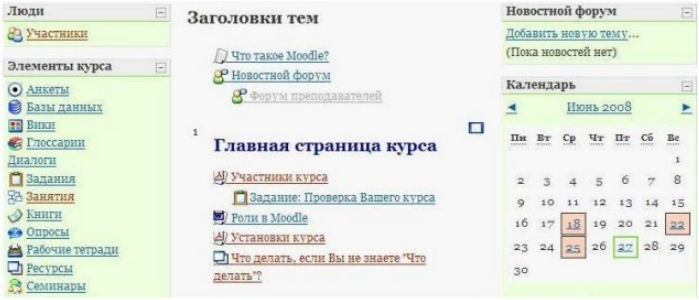


Рис. 3. Возможности Moodle

Преподаватель имеет ряд следующих возможностей в системе Moodle: настройки курса, работа с ресурсами курса, работа с элементами курса, создание тестов, управление курсом.

Процесс настройки курса преподавателем предполагает работа с оформлением, регистрация участников курса, а также установку курса со всеми включенными в него возможностями, необходимыми для работы, которые представлены на рис. 4.

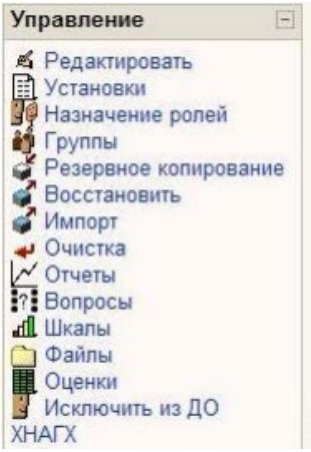


Рис. 4. Управление системой Moodle

К ресурсам системы относятся ресурсы, представленные на рис. 5.

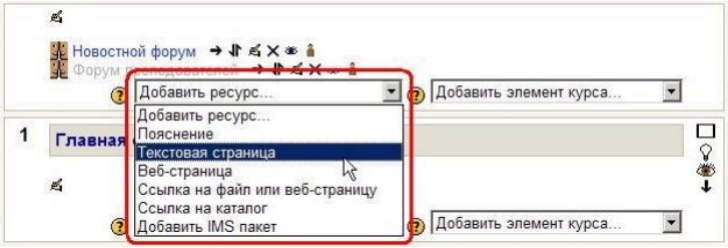


Рис. 5. Ресурсы системы Moodle

Ресурсы – это содержимое курса (контент), т.е. теоретические материалы для изучения, которые преподаватель размещает в разделах курса [4].

Они могут быть представлены как в виде файлов, загружаемых в базу данных Moodle, так и в виде ссылок на внешние сайты. Стоит отметить, что в системе Moodle имеется возможность использовать в качестве ресурсов курса различные форматы электронных документов. Способы представления теоретических материалов представлены в таблице ниже.

Кроме того, система дистанционного обучения Moodle позволяет создавать различные типы вопросов, представленные на рис. 6 [4]. Данная функция является очень полезной и удобной, т.к. разноплановые вопросы позволяют в различных точек зрения подойти к составлению

материала с целью проверки знаний и умений обучающихся, способствуя также разностороннему развитию личности.

Таблица

Способы представления теоретических материалов

Обучающий материал	**Ресурс Moodle**
Лекция в виде текстового файла	Текстовая страница; ссылка на файл или веб-страницу
Лекция в виде html-страницы	Веб-страница; ссылка на файл или веб-страницу
Лекция в виде презентации, аудиолекция, видеолекция	Ссылка на файл или веб-страницу
Каталог изображений, аудиоматериалов, видеоматериалов	Ссылка на каталог

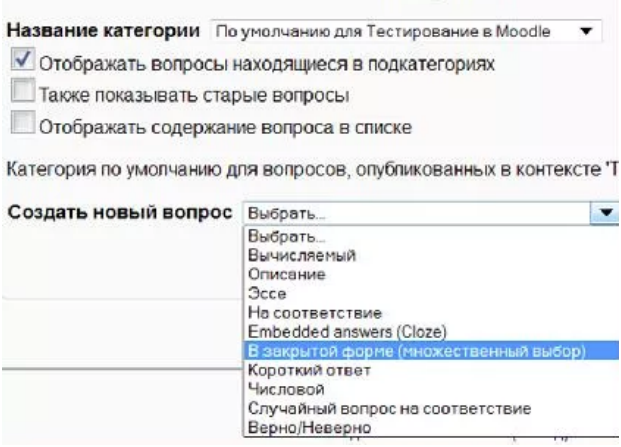


Рис. 6. Типы вопросов в Moodle

Обучающийся имеет ряд следующих возможностей в системе Moodle: регистрация в системе, запись на курс, работа с курсом, работа с тестами.

Обучающихся в системе регистрирует преподаватель.

Обучающийся может записаться на курсы, его интересующие, как показано в примере, данном на рис. 7.

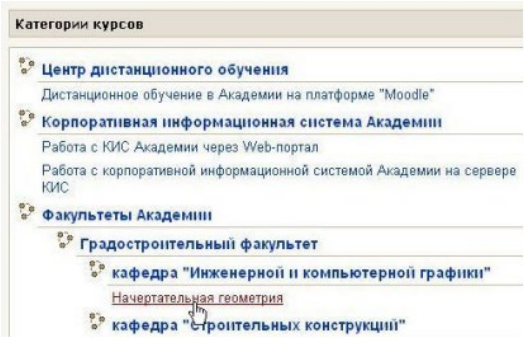


Рис. 7. Запись на курсы в системе Moodle

При работе с курсом обучающийся может загружать различные файлы, а также скачивать их. Кроме того, обучающийся имеет возможность общаться с другими участниками курса.

При работе с тестами обучающемуся следует выбрать интересующий его тест и начать тестирование, время, а также количество попыток которого может быть ограничено, как представлено в примере на рис. 8.

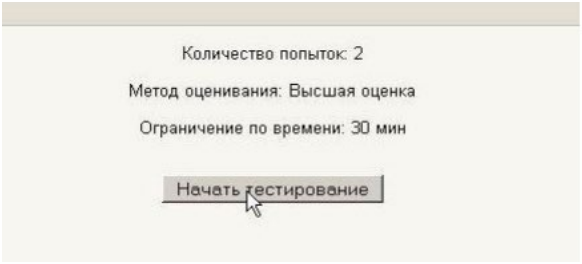


Рис. 8. Начало тестирования в системе Moodle

Заключение

Дистанционное обучение может гибко откликнуться на любые изменения окружающей обстановки. С учетом решения всех проблем дистанционного образования эта система образования может стать наиболее эффективной формой обучения как в сочетании с фундаментальным образованием, так и как самостоятельная единица.

Таким образом, обучение с использованием дистанционных образовательных технологий в настоящее время становится очень распространенным, наиболее актуальным и востребованным в связи с

развитием информационно-коммуникационных технологий, а также обучением людей различных возрастов в различное в время в различных местах.

Система дистанционного обучения Moodle является одной из широко используемых в настоящее время. Она позволяет преподавателю увидеть изменения, внесенные обучающимися в систему, составить и загрузить для них перечень заданий по различным тематикам, а также оценить их уровень знаний и умений посредством составления различных тестовых заданий.

Обучающимся. в свою очередь, возможно загружать различные задания в систему, изменять их, создавать перечень заданий различного типа.

Таким образом, данная система является достаточно простой и удобной как для преподавателя. так и для обучающихся, которые могут находится в тесной взаимосвязи посредством общения в системе, а также посредством реализации различного типа заданий.

Список литературы

1. Тимофеева, О. Ю. Развитие образования средствами дистанционного обучения / О. Ю. Тимофеева // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. – 2010. – № 4. – С. 44-45.

2. Солдаткин, В. И. Информатика в системе дистанционного образования на рубеже XXI в. / В. И. Солдаткин // Дистанционное образование. – 1998. – № 1. – С. 10-13.

3. Голованова, Ю. В. Проблемы и пути решения дистанционной формы обучения [Текст] / Ю. В. Голованова // Актуальные задачи педагогики: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2015 г.). – Чита: Издательство Молодой ученый, 2015. – С. 163-167. – Режим доступа : https://moluch.ru/conf/ped/archive/146/7048/

4. Анисимов, А. М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle. Учебное пособие. 2-е изд. испр. и дополн. / А. М. Анисимов ; Харьков, ХНАГХ, 2009. – 292 стр.

Анализ современных сервисов дистанционного обучения

И. А. Фролов, email: maliz1@mail.ru [1]
Л. Л. Фролова, email: manynova68@mail.ru [2]

[1] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] КОУ ВО «ВЦППРК»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы дистанционного образования, проведен анализ существующего программного обеспечения реализации решений для электронного обучения.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, электронное обучение, сценарии образовательного процесса, сервисы дистанционного обучения.*

Введение

В течение последних лет применение современных технических средств обучения стало популярным явлением в образовании. Информационные образовательные технологии получили интенсивное развитие и стали все чаще использоваться в повседневном образовательном процессе наравне с традиционными формами обучения. Среди них особое место занимает дистанционное обучение (ДО).

Сочетание традиционных форм обучения с формами, основанными на дистанционных образовательных технологиях, должны стать главной особенностью современного учебного процесса

Основу образовательного процесса при дистанционном образовании составляет целенаправленная и контролируемая интенсивная самостоятельная работа обучаемого, который может учиться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию и согласованную возможность контакта с преподавателем.

1. Проблемы дистанционного образования

Цель внедрения дистанционных образовательных технологий в систему образования состоит в обеспечении его доступности, независимо от места проживания, социального положения и состояния здоровья. Дистанционные образовательные технологии могут

© Фролов И. А., Фролова Л. Л., 2020

значительно разнообразить направления профильного обучения, давая слушателям возможность более четкой профессиональной ориентации.

Дистанционное обучение решает проблемы, когда возникают трудности с качественным обеспечением учащихся очными формами обучения. Это дети-инвалиды, а также одаренные дети сельской местности, желающие повысить свой уровень знаний.

Внедрение дистанционных образовательных технологий (ДОТ) в образовательный процесс нередко сопровождается целым рядом проблем и трудностей:

– нормативно – правовые (решение вопроса оплаты авторам курса и преподавателям, проводящим занятия с использованием ДОТ);

– педагогические (подготовка новых авторов дистанционных курсов и дистанционных преподавателей, повышение требований к преподавателю в отношении ответственности, мобильности, необходимости постоянного обновления учебного материала, адаптации преподавателя к дистанционной форме);

– технические (необходимость разработки специализированного программного обеспечения, поддерживающего поиск информации в сети, а также создание дополнительных ресурсов – электронных баз данных, библиотек и ссылок на необходимые источники);

– прочие общие проблемы (трудности с установлением межличностных контактов между участниками процесса обучения; сложностей удержания их внимания и проблемы перехода от индивидуального обучения к работе в группе) при работе с обучаемыми школьного возраста имеющими задержки развития.

Кроме указанных проблем в высшей школе можно дополнительно выделить [1, 2]:

– Отсутствие прямого очного общения между слушателями и преподавателем.

– Проблема адаптации методических и учебных материалов для дистанционного обучения и использования их в рамках внедрения современных информационных технологий.

– Сложность отбора и структурирования содержания учебных дисциплин в разных моделях дистанционного образования с учетом профиля обучения.

– Невозможность дистанционного обучения по отдельным дисциплинам и специальностям.

– Проблема подтверждения личности пользователя при проверке знаний. Поэтому учебные заведения включают в программу и обязательную очную сессию.

Серьёзным препятствием развития системы дистанционного образования в России является относительная неразвитость телекоммуникационной и IT-инфраструктуры. Ведь дистанционное образование предполагает наличие целого набора различных способов доставки информации, включая обычную почту, телефон, факс, Интернет, электронную почту, интерактивное телевидение, телеконференции, а также аудио и видео конференции. Способы связи должны максимально соответствовать удобному для пользователя стилю обучения. Так дистанционное образование предполагает наличие дешевого и быстрого доступа к сети Интернет. И хотя Интернет становится доступным во многих отдаленных точках, его скорость оставляет желать лучшего, что снижает возможности эффективного использования многих ресурсов, сюда же можно отнести и низкий уровень компьютерной грамотности основной части пользователей.

Серьезной проблемой внедрения системы дистанционного образования является недостаточная подготовленность даже учебных заведений (не говоря уже об отдельных педагогах) по созданию программ дистанционного образования, так как качественная программа не просто должна копировать программу аудиторного занятия, предоставляя возможность прочитать материал на экране компьютера. Качественная программа дистанционного образования должна быть сконцентрирована на обучаемом, позволяя ему устанавливать содержание курса согласно его личным потребностям и задачам, то есть предоставлять большие возможности управлять процессом обучения. Программа должна вовлекать участников с помощью групповых проектов и онлайновых дискуссий во взаимодействие друг с другом, преподаватели должны своевременно отвечать на возникающие вопросы и регулярно оценивать работу обучаемых.

2. Анализ современных сервисов дистанционного обучения

На сегодняшний день в Российском законодательстве не существует понятия электронного обучения, поэтому часто используется определение ЮНЕСКО: «E-learning – это обучение с помощью Интернет и мультимедиа».

В качестве негласной классификации решений для электронного обучения можно представить:

- SaaS-решения.
- Вебинары, онлайн-конференции.
- Коробочные сервисы с закрытым исходным кодом.
- Коробочные сервисы с открытым исходным кодом.
- Зарубежные (нерусифицированные) сервисы.

К SaaS-сервисам можно отнести:

– Teachbase.ru компании «Интернет-школа». Это российский интернет-сервис дистанционного обучения, который разрабатывался как SaaS, что означает снижение затрат на установку и настройку сервиса, сокращение времени запуска проекта и отсутствие необходимости дополнительного обучения персонала по сравнению с коробочным софтом.

Сервис предоставляет максимально разнообразный набор инструментов e-learning, позволяющий реализовывать различные сценарии образовательного процесса (создать интерактивный курс, провести тестирование и выявить слабые стороны, провести вебинар и разобрать ошибки, организовать тренинг с приглашенным экспертом, сохранять и редактировать материалы, контролировать процесс обучения и успеваемость обучаемых).

– iSpringOnline — облачная платформа для онлайн-обучения от российского разработчика iSpring. iSpringOnline — это интернет-сервис. Его не нужно скачивать, устанавливать на сервер и настраивать. Чтобы начать обучение, достаточно зарегистрироваться на сайте, загрузить учебные материалы и назначить сотрудникам. По сути, полный цикл дистанционного обучения можно запустить за один день.

У iSpringOnline есть мощный сервис аналитики. Он показывает качество обучения в отчетах и графиках, что позволяет контролировать частоту появления на портале, время, затрачиваемое на обучение, количество пройденных курсов и ошибок.

– Competentum.ONLINE это SaaS-версия марки Competentum. Это инструмент организации дистанционного обучения на основе принципа аренды ПО (Saas). Функционал системы позволяет управлять образовательным процессом (в том числе проводить тесты с различными типами вопросов и режимами прохождения), однако в нём отсутствует возможность проведения вебинаров.

Вебинары, онлайн-конференции – эти программные продукты имеют ограниченные возможности. Основной их недостаток – невозможность контроля работы и оценки слушателей. В России основным представителем является Webinar. Сервис представляет собой SaaS-решение, возможности которого позволяют соединять дистанционно удаленных друг от друга людей в онлайн-конференцию, проводить простейшие опросы и демонстрировать документы во время конференции.

Непосредственно для проведения вебинаров можно использовать iMinds, который поддерживает основной функционал (запись, трансляция рабочего стола, демонстрация документов, чат и т.д.).

Коробочные сервисы с закрытым исходным кодом.

Существует достаточно много решений, позволяющих организовать процесс обучения он-лайн, при этом большинство из них требуют установки специального программного обеспечения. Несмотря на то, что общемировой тенденцией является движение к предоставлению ПО как услуги (saas), но выбор платформ для он-лайн обучения насыщен коробочными версиями.

Эти сервисы шире используют возможности компьютера и сети, включая в себя контроль успеваемости, проверку знаний, поэтому их уже можно считать пригодными для задач ДО.

В настоящий момент крупнейшими из них являются сервисы компаний Websoft, Гиперметод и Прометей.

Websoft начала работать на рынке платформ для организации он-лайн обучения одной из первых, и сейчас является лидером российского рынка.

Сильными сторонами сервиса WebTutor являются наличие готовых онлайн-курсов (эффективная презентация, маркетинг и пр.).

Изначально система развивалась исключительно как коробочная версия, но уже появились предложения SaaS, которое, тем не менее, используется по большей части для демонстрации возможностей всё того же коробочного софта.

Недостатками системы WebTutor продолжительный процесс внедрения системы (от 3-6 месяцев); неудобный интерфейс; необходимость дополнительных затрат со стороны клиента; сложная система выгрузки отчетов; основной модуль не включает возможность проведения веб-конференций и пр.

Среди коробочных сервисов с открытым исходным кодом самым популярным является Moodle, предлагающий пользователю различные панели инструментов, возможность отслеживать прогресс обучаемых и поддержку мультимедиа. Система дает возможность создавать курсы, адаптированные под мобильные телефоны, и довольно дружелюбно относится к интеграции дополнений от сторонних разработчиков. Важным преимуществом Moodle является сообщество пользователей. В отличие от многих других бесплатных СДО, здесь можно практически моментально получить ответы на большинство интересующих вопросов, обратившись к онлайн базе технической поддержки, сервис предлагает ряд готовых шаблонов, чтобы не создавать курс с нуля.

Но проблема организации дистанционного образования остается актуальной как для отдельных пользователей, так и для больших групп в масштабах тысячекратно превышающих потребности обычного обучающегося. Многие сервисы являются платными, что ограничивает

их применение в учебных заведениях. Среди бесплатных можно отметить такие СДО как:

– Moodle, рассмотренная ранее.

– Ё-СТАДИ – бесплатная российская онлайн-платформа для организации дистанционного обучения, где функционал ориентирован на практическую работу, позволяет публиковать учебные материалы, оценивать знаний и тестирования.

– Atutor, имеющий легкий и понятный интерфейс, что делает данную систему идеальным инструментом для начинающих, предлагающий пользователю ряд предустановленных тем для ускорения процесса создания курса и различные инструменты оценки, резервное копирование файлов, ведение статистики, возможность интеграции опросов.

– Eliademy, предлагающий каталоги курсов электронного обучения, инструменты оценки и даже мобильное приложение для Андроида для тех преподавателей, которые стремятся развивать мобильные курсы и нацелены на людей, предпочитающих учиться «на бегу». Координаторы электронного обучения могут легко и просто загружать курсы и рассылать приглашения для учеников на их адреса электронной почты.

– Dokeos, система дистанционного обучения с уже готовыми элементами курсов, с помощью которых можно максимально сократить время, затраченное на создание своего курса.

Заключение

Любые проблемы поддаются решению, если подойти творчески и с пониманием, действительно понять и осознать, что обучение с применением дистанционных образовательных технологий – это специфическая форма организации обучения, требующая изменение устоев традиционного учебного процесса и пересмотра принципов и методов в педагогической деятельности.

Список литературы

1. Андреев, А. А. Очерки дистанционного обучения в России / А. А. Андреев // Управление образованием: теория и практика. – 2014. – № 1 (13). – С. 16-31.

2. Бершадский, А. М. Дистанционное образование на базе новых информационных технологий : Учеб. пособие / А. М. Бершадский, И. Г. Кревский; Пенз. гос. техн. ун-т. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1997. – 54 с.

Секция 8
Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы

Использование рабочих программ «1С:Клуб программистов» в процессе подготовки школьников к олимпиадам по информатике

А. В. Ермошин, email: ermav@mail.ru
В. А. Смирнов, email: v.a.d.i.m@bk.ru

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», г. Шуя

Аннотация. *В статье представлен анализ рабочих программ «1С:Клуба программистов» как средства подготовки школьников к олимпиадам разных уровней. Проведён анализ олимпиад, проводимых передовыми университетами страны, а также сделан вывод о самодостаточности рабочих программ. Намечены пути для совершенствования этих рабочих программ.*

Ключевые слова: *«1С:Клуб программистов», дополнительное образование, программирование, олимпиады.*

Введение

Ряд рабочих программ «1С:Клуба программистов» («Основы программирования на языке Java»; «Системное администрирование»; «Java для мобильных») имеют практическую направленность. Это было достигнуто отчасти тем, что по многим курсам обучение школьников организовано в форме проектной деятельности. Например, в статье [1] описан опыт преподавания по курсу «Основы программирования на языке Java», объём которого составляет 96 академических часов.

В таком же формате занятия проводятся и на базе ЧОУ ДО УЦ «Консультант» (при содействии 1С-Франчайзинга ООО «Консультант-Шуя»). Можно отметить, что данный подход к организации занятий позволяет повысить интерес к информационным технологиям обучающихся и приобщить их к цифровому творчеству.

Однако, успешность и востребованность будущих специалистов часто зависит не только от интереса к профессиональной сфере, но и уровня полученного образования. Таким образом, важным фактором является то, как деятельность «1С:Клуба программистов» способствует продвижению школьника в получении образования.

Для поступления на бюджетные места университета обучающийся должен сдать на максимально возможно высокие баллы единые государственные экзамены по общеобразовательным предметам. Либо

© Ермошин А. В., Смирнов В. А., 2020

претендовать на поступление в университет вне конкурса, выполнив следующие условия:

1. Набрав 75 баллов или более по профильному предмету (в нашем случае, информатика);
2. Получив призовое место на олимпиаде школьников, внесённой в перечень министерства науки и высшего образования [2].

Как можно увидеть, второй путь даёт более гарантированный результат. Поэтому целью нашего исследования будет анализ рабочих программ «1С:Клуба программистов» и задач, предлагаемых на входящих в перечень олимпиадах.

1. Курсы «1С: клуб программистов»

В рамках модулей курса «Основы программирования на языке Java» обучающиеся, создавая проекты, знакомятся с основными конструкциями языка Java, а также наиболее распространёнными структурами данных. Эти знания необходимы при решении любой задачи по программированию всероссийских олимпиад школьников.

В рамках модулей курса «Олимпиадное программирование» школьники знакомятся с основными понятиями теории чисел, теории графов и теории игр, а также основными алгоритмами, применяемыми в задачах с ними. Также рассматриваются широко применяемые приёмы решения любых задач, связанных с понятием рекурсии и динамического программирования. Большое внимание в третьем модуле курса уделяется геометрии и решению геометрических задач в программировании. Учащиеся пробуют решать задачи в наиболее популярной системе автоматической проверки программ ejudge.

По нашему мнению, обучающиеся по курсам «Основы программирования на языке Java» и «Олимпиадное программирование» будут более успешными в качестве участников олимпиад. Для того, чтобы показать это, проведём анализ ряда существующих популярных олимпиад школьников, входящих в вышеуказанный перечень министерства науки и высшего образования.

2. Анализ всероссийских олимпиад школьников по информатике

Открытая олимпиада школьников по программированию [3], проводимая центром педагогического мастерства, университетами МФТИ и МГУ им. М. В. Ломонова, генеральным спонсором которой является фирма «1С», состоит только из задач по программированию, отправляемых через систему ejudge. В основе решения многих из них лежат базовые конструкции и алгоритмы, входящие в состав курса. В то же время используются алгоритмы, которые не затрагиваются в данном

курсе. Например, алгоритмы корневой декомпозиции или дерева подотрезков.

Олимпиада по информатике [4], проводимая Национальным исследовательским университетом ИТМО, содержит как темы «Алгоритмизация и программирование» и «Технологии программирования», непосредственно связанные с содержанием вышеуказанных курсов, так и логические и математические задачи, решение которых проще при помощи средств программирования. Однако она содержит темы «Теоретические основы информатики», «Технологии обработки информации в электронных таблицах» и «Мультимедиа технологии», которые в обозначенных выше курсах «1С:Клуба программистов» практически не освещены (они затронуты уже только в 11 классе в рамках курса «Подготовка к ЕГЭ по информатике»).

В то же время существуют и другие зарекомендовавшие себя олимпиады, которые состоят только из задач, решаемых на различных языках программирования. Например, Олимпиада «Когнитивные технологии» [5], проводимая Национальным исследовательским технологическим университетом «МИСиС». К участию в этой олимпиаде допускаются обучающиеся 7-11 классов. Задачи, которые предлагаются учащимся для решения на очном и заочном туров не зависят от возраста учащихся. В 2018 году были представлены задачи на темы: графы (в том числе, ориентированный граф) и алгоритм Дейкстры для поиска кратчайшего пути в графе, структура данных «битовый бор», рекурсия, задачи с элементами динамического программирования и геометрии, бинарный поиск. Таким образом можно заключить, что для участия в этой олимпиаде школьники, прошедшие курс «Олимпиадное программирование» должны усовершенствовать свои знания в написании более сложных структур данных и умения применять изученные алгоритмы и их комбинации.

Аналогично, онлайн-олимпиада «Технокубок» [6] от Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана и компании Mail.Ru Group содержит только один набор задач для каждого этапа. Эти задачи одинаковы и предложены для решения как для обучающихся среднего общего образования, так и для основного общего, в том числе школьников 5 класса. В отборочных этапах этого года были представлены задачи на применение знаний аналитической геометрии, алгоритм Евклида, дерево отрезков, жадный алгоритм, динамическое программирование, сортировку и метод двух указателей. Большинство указанных тем присутствует в курсе «Олимпиадное программирование». Также имеется задача более низкого уровня

сложности, доступная и для окончивших курс «Основы программирования на языке Java». В олимпиаде используется особая система оценки решений: чем позднее с момента начала раунда сдано верное решение, тем меньше баллов за него получит участник.

Олимпиада «Высшая проба» [7] от национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» также содержит только задачи по программированию, но проводится исключительно для школьников 9-11 класса (когда программирование уже изучено по школьной программе). В задачах представлены темы: комбинаторика, битовые операции, теория чисел, структура данных «дерево», динамическое программирование, сортировка, дерево отрезков, корневая декомпозиция.

В вышеперечисленных олимпиадах решения жюри представлены на языке C++. Однако и использование языка Java в них допускается согласно регламенту олимпиад. С другой стороны, мы рекомендуем не останавливаться только на этом языке программирования, а ввести также курс программирования на языке Python. В данный момент Python широко распространён, и для него разработано достаточное количество библиотек (например, Pygame), благодаря которым можно разрабатывать игровые проекты, аналогичные рассмотренным в курсе Java.

Стоит отметить, что во всех этих олимпиадах можно участвовать, как правило, уже с 7 класса. Однако программирование во многих школах изучается как часть информатики в 8-9 классе. То есть обучающиеся данных школ могут получить знания в данной области раньше только самостоятельно или в сфере дополнительного образования.

Заключение

По нашему мнению, в курсах «1С:Клуба программистов» недостаточно материала, касающегося вопросов информационной безопасности. Этому посвящён раздел «Безопасная работа на компьютере» курса «Системное администрирование», однако в нём не освещены темы, связанные с шифрованием, вопросами взлома шифров, оценки безопасности созданных на других курсах сайтов и методов социальной инженерии. Этим вопросам посвящена Межрегиональная олимпиада школьников им. И. Я. Верченко (профиль математика и криптография) [8], проводимая Академией криптографии Российской Федерации.

Как было показано в приведённом анализе, программы «1С: Клуб программистов» способны обеспечить школьников большинством необходимых навыков. Для улучшения процесса подготовки школьников к олимпиадам и профессиональной ориентации их как имеющих

широкий кругозор IT-специалистов необходимо разработать курс, посвящённый основам криптографии и информационной безопасности.

Список литературы

1. Кузнецова, А. С. Проектная деятельность в 1С:Клубе программистов ООО «Компьютер-аудит» / А. С. Кузнецова // Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции «Информационные и педагогические технологии в современном образовательном учреждении». Отв. ред. И. А. Сарычева. – Череповецкий государственный университет (Череповец): 2018. – С. 247-248.

2. Перечень олимпиад школьников и их уровней на 2019/20 учебный год по предметам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://olimpiada.ru/article/887

3. Открытая олимпиада школьников по программированию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.olympiads.ru/zaoch/

4. Открытая олимпиада школьников (информатика) 19/20 учебный год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://olymp.itmo.ru/

5. Открытая олимпиада школьников по программированию «Когнитивные технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://olymp.misis.ru/

6. Олимпиада по программированию для школьников «Технокубок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://technocup.mail.ru/

7. Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба». Информатика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://olymp.hse.ru/mmo/it

8. Межрегиональная олимпиада школьников им. И. Я. Верченко (профиль математика и криптография) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://v-olymp.ru/cryptolymp/

Секция 9
Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

Особенности обучения информатике и информационным технологиям в условиях перехода на профессиональные стандарты образования

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru [1, 2]
Г. Р. Катасонова, email: 1366galia@mail.ru [3]

[1] Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена
[2] Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
[3] Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности обучения информатике и информационным технологиям в условиях в условиях перехода на профессиональные стандарты образования. Учет особенностей обучения позволит преподавателям российских вузов и школ, разработчикам примерных образовательных программ по информатике и информационным технологиям при формировании целей опережающего обучения ориентироваться на небольшие высокотехнологично-элитарные группы обучаемых - будущих лидеров цифровой телекоммуникационной экономики и телекоммуникационных производств, что позволит оперативно реагировать на изменения в конъюнктуре глобального телекоммуникационного рынка и его потребностей в высококвалифицированных ИТ-кадрах.*

Ключевые слова: *особенности обучения, информатика, информационные технологии, профессиональные стандарты образования, цифровая телекоммуникационная экономика, телекоммуникационные производства.*

Введение

В условиях перехода на профессиональные стандарты образования происходит последовательная смена парадигм, форм, структуры содержания обучения информатике и информационным технологиям и как следствие структуры и содержания компетенций выпускников вузов и знаний, умений и навыков школьников. Это связано, прежде всего, с новыми задачами, стоящими перед государством и бизнес сообществом, которые предъявляют новые и все более высокие требования к выпускникам школ и вузов, квалификации и компетенциям

© Абрамян Г. В., Катасонова Г. Р., 2020

преподавательского состава, обучаемым и выпускникам средних и высших учебных заведений, в том числе по направлениям и профилям информатики в условиях информационно-телекоммуникационного образования. В условиях модернизации и перехода на профессиональные стандарты переосмысляются сложившиеся системы, цели, принципы, содержание и модели самого телекоммуникационного образования [1–4], непрерывно обновляются и проектируются новые методики предметного обучения в области как информатики так и самих телекоммуникационных технологий [5], разрабатываются новые и обновляются сложившиеся методы анализа качества деятельности обучаемых и преподавателей в соответствии с новыми целями обучения [6–8]. Одной из возможных и по-нашему мнению перспективных методик комплексной оценки целевых составляющих обучения информатике, информационным и телекоммуникационным технологиям в условиях модернизации образовательных стандартов является таксономия целей обучения информатике и информационным технологиям, основанная на теории иерархической систематизации общекультурных, универсальных, профессиональных, научно-технических и информационных областей знаний, компетенций и соответствующих им принципов организации обучения.

1. Особенности обучения информатике и информационным технологиям в условиях перехода на профессиональные стандарты образования

Основные этапы таксономии как методологии определения целей обучения информатике и информационным технологиям включают: а) установление информационно-содержательных аспектов компетенций при обучении информатике и информационным технологиям, б) мотивационно-личностные составляющие, в) содержательно-целевой функционал деятельности студентов в области информатики и информационных технологий. [9, 10]

Для каждого домена целей обучения информатике и информационным технологиям необходимо разработать многоуровневые таксоны и представить их в виде структуры: а) предметных областей и функций профессиональной деятельности; б) задач и сервисов обучения; в) существующих и перспективных профессиональных решений и показателей их успешности; г) кластеризации отличий в целях существующих решений в области обучения телекоммуникациям [11].

В условиях цифровизации телекоммуникационного образования, разработки и внедрения ФГОС 3++ представляется целесообразным разработать домены целей обучения информатике и информационным

технологиям определяемые: 1) структурой стандарта ФГОС 3++ (формы обучения, сроки получения образования, объем программы, области и сферы профессиональной деятельности, типы профессиональных задач, перечень специализаций); 2) структурой учебной программы - объемами учебных блоков, объемом часов обязательной части и модулей, объемами и видами практик, структурой ГИА, особенностями подготовки и защиты ВКР; 3) требованиями к результатам освоения программы (универсальными и общепрофессиональными компетенциями), обязательными профессиональными компетенциями (при их наличии), рекомендуемыми профессиональными компетенциями (при их наличии), а также профессиональными компетенциями определяемыми разработчиками программы (вузом) самостоятельно в зависимости от направленности (профиля) программы.

В соответствии с профессиональной модернизацией стандартов высшего образования ведущими вузами РФ разрабатываются примерные основные образовательные программы (ПООП), которые включают базовые учебные планы, рабочие программы учебных дисциплин и модулей, календарные учебные графики, которые также могут выступать в качестве доменных структур. Данные домены будут определять: а) рекомендуемые объем и содержание образования, б) планируемые результаты освоения ОП, в) примерные условия образовательной деятельности, включая примерные расчеты нормативных затрат на оказание государственных услуг по реализации ОП, г) содержание образования определенной направленности и соответствующего уровня.

Например, для направлений подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и 09.03.02 «Информационные системы и технологии» таксонами целевого достижения универсальной компетенции (ДУК) «Способен осуществлять поиск, критический анализ информации, применять системный подход для решения поставленных задач» могут быть индикаторы ДУК: 1) анализ задач с выделением базовых составляющих для осуществления декомпозиции задач; 2) нахождение и критический анализ профессиональной информации, необходимой для решения поставленной задачи; 3) просмотр возможных вариантов решения профессиональных задач с оценкой их достоинств и недостатков; 4) формирование собственных суждений и оценок профессиональной ситуации; 5) определение и оценка последствий возможных решений профессиональной задачи.

Планируется, что используя данную методологию разработчики ОП в вузах, в том числе и примерных ОП, получат возможность

разработки конкретных целевых доменов обучения информатике и информационным технологиям [12, 13], в том числе используя российские профессиональные стандарты, модели и международные рекомендации [14–16]. Например, с учетом перечня обобщенных трудовых функций управления ресурсами российской Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий (АПКИТ); международных стандартов преподавания компьютерных наук, например Computer Science Curricula 2013 (ACM/IEEE-CS) и др.

Заключение

Методология таксономии целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях модернизации образовательных стандартов позволит российским разработчикам образовательных программ (вузам) учитывать передовой опыт и наиболее оптимальные целевые домены обучения, например бакалавров ведущих европейских и азиатских учебных заведений, например, School of Business или Harvard University, на базе которых традиционно осуществляется подготовка менеджеров и ИТ-аналитиков с высоким уровнем развития лидерских качеств, способствующих успешному трудоустройству в крупнейших ИТ-компаниях, индустриальном и военном секторах [17].

Данный опыт преподавания информатике и информационным технологиям позволит российским разработчикам образовательных программ (вузам) при формировании целей опережающего обучения [18] в условиях модернизации стандартов высшего образования ориентироваться на небольшие высокотехнологично-элитарные группы обучаемых – будущих лидеров телекоммуникационной цифровой экономики и производств, что позволит быстрее реагировать на изменения в конъюнктуре глобального телекоммуникационного рынка и его потребностей [19, 20] в высококвалифицированных кадрах [21–23].

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Принципы преподавания информационных технологий на основе инструментов и средств HIGH-HUME/HIGH-TECH обучения / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы Шестнадцатой открытой Всероссийской конференции. – 2018. – С. 337-339.

2. Абрамян, Г. В. Инвестиционно-кредитная модель организации наукоемкого высшего образования в условиях глобализации трудовых рынков и производств / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 8-2. – С. 275-279.

3. Абрамян, Г. В. Содержание континуального образования прикладных и академических бакалавров в условиях перманентной модернизации профессиональных и образовательных стандартов / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-26. – С. 5891-5897.

4. Абрамян, Г. В. Модели и технологии оптимизации телекоммуникаций в науке и образовании северо-западного региона на основе использования SAAS/SOD облачных сервисов / Абрамян Г. В. // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 27.

5. Абрамян, Г. В. Проблемы перехода к подготовке академических бакалавров по направлению подготовки «Бизнес-информатика» в условиях модернизации образовательных стандартов / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – 2015. – С. 1435-1439.

6. Абрамян, Г. В. Проектирование компонентов методической системы обучения студентов информатике и информационным технологиям в экономических вузах с использованием современных методологий на основе информационных технологий управления / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – С. 49.

7. Катасонова, Г. Р. Технологии подготовки академических и прикладных бакалавров в условиях ФГОС ВО 3+ с учетом российских профессиональных стандартов / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Пермь, 2015. – С. 120-122.

8. Абрамян, Г. В. Телекоммуникационные модели образования и научной деятельности как облачные сервисы SAAS/SOD взаимодействия в вузе / Г. В. Абрамян // Перспективы развития науки и образования. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. ООО «АР-Консалт». – Москва, 2013. – С. 100-101.

9. Абрамян, Г. В. Технология анализа и таксономии целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях интернационализации образования / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – 2018. – С. 211-213.

10. Абрамян, Г. В. Таксономия, классификация и методология анализа целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях глобализации образования / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8-7. – С. 1647-1652.

11. Абрамян, Г. В. Модели развития научно-исследовательских, учебно-образовательных и промышленно-производственных технологий, сервисов и процессов в России и странах ближнего зарубежья на основе глобализации сотрудничества и интеграции инфотелекоммуникаций. / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 668-673.

12. Гурьева, Т. Н. Опыт использования виртуальной обучающей среды для повышения качества обучения в вузе. / Т. Н. Гурьева, Л. Ю. Шарабаева // Сборник: Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 121.

13. Казарян, М. Л. Информационные технологии и системы: Информационные технологии и системы в экономике : учебное пособие / М. Л. Казарян, Ж. Н. Кцоева, А. М. Атаян. – Владикавказ : ФГБОУ ВПО «Финуниверситет», 2013. – 137 с.

14. Абрамян, Г. В. Переходные и стационарные алгоритмы обеспечения континуальной квазиустойчивости системы непрерывного образования в условиях бинарно-открытого информационного пространства и связей на основе механизмов откатов. / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-26. – С. 5884-5890.

15. Атаян, А. М. Основы информационных технологий : учебное пособие / А. М. Атаян, А. М. Гагоева. – Владикавказ, 2011. – 248 с.

16. Богатырев, В. А. Информационные системы и технологии. Теория надежности : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. А. Богатырев. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 318 с.

17. Абрамян, Г. В. Инфотелекоммуникационные проблемы, риски и угрозы высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов в науке и образовании стран БРИКС. / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Санкт-Петербург, 2015. – С. 663-667.

18. Абрамян, Г. В. Стратегия и технология развития систем опережающего образования в современных условиях. / Г. В. Абрамян, А. Е. Марон // Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего обучения. – 2007. – С. 12-13.

19. Абрамян, Г. В. К вопросу о проблеме управления развитием и функционированием общества потребления в условиях информационного общества / Г. В. Абрамян // Общество потребления и современные проблемы сферы услуг. СПб, 2010. – С. 19.

20. Соколов, Н. Е. Рынки информационных и коммуникационных технологий и организация продаж [Текст] : учебное пособие / Н. Е. Соколов ; ФГБОУ ВО ПГУПС. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 124 с.

21. Абрамян, Г. В. Акселерация ИТ-компетенций пользователей цифровых экосистем на основе HIGH-HUME/HIGH-TECH технологий / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы Шестнадцатой открытой Всероссийской конференции. – 2018. – С. 135-137.

22. Абрамян, Г. В. Организация средств обратной связи на основе использования глобальных компьютерных телекоммуникационных инфраструктур в регионе / Г. В. Абрамян // Информатика – современное состояние и перспективы развития. – РГПУ им. А. И. Герцена, 1998. – С. 22-23.

23. Абрамян, Г. В. Ресурсно-технологическая, инновационно-исследовательская и нормативно-правовая модели совместной деятельности университетов с учреждениями региона в информационной среде / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – 2016. – С. 208-212.

Электронное портфолио как средство профессионального позиционирования будущего учителя

В. С. Киселев, email: vkiselev2@gmail.com
С. А. Зайцева, email: z_a_s_@rambler.ru

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе рассматривается электронное портфолио как средство профессионального позиционирования будущего учителя.*

Ключевые слова: *электронное портфолио, студент, учитель, позиционирование*

Введение

Современное общество предъявляет всё более высокие требования к компетенции педагогических кадров. Учителя и преподаватели должны быть креативными и творческими специалистами в своей области знания, уметь позиционироваться как среди коллег, так и среди обучающихся и их родителей, а также постоянно профессионально совершенствоваться. Эти качества развиваются в течении всей профессиональной деятельности педагога, но одними из значимых этапов профессионального становления педагога становятся выбор будущей профессии, обучение в вузе, трудоустройство и профессиональная адаптация.

Под профессиональным становлением учителя мы понимаем длительный, многоплановый и поэтапный процесс подготовки и овладения личностью профессиональной деятельностью, который проходит в своем развитии четыре основные стадии: формирование профессиональных намерений (выбор профессии школьником), профессиональное обучение (вузовская подготовка), приобщение к профессиональной деятельности (включение в профессиональную деятельность в процессе практик) и профессиональную адаптацию (первые годы работы педагога).

Важным средством стимулирования, проектирования и контроля успешности профессионального становления педагога мы считаем содержание и наполнение его портфолио. Термин «Портфолио» происходит от англ. «portfolio» – портфель (папка для документов). В современной интерпретации понятие «портфолио» включает в себя

© Киселев В. С., Зайцева С. А., 2020

список работ, достижений, наград специалиста, которые представляют его как профессионала в своей области деятельности, характеризуя и описывая его профессиональные компетенции. На современном этапе развития информационных технологий имеет смысл говорить о электронном портфолио и описывать его содержание и характеристики.

1. Назначение портфолио

Содержание электронного портфолио педагога обычно включает в себя методическое сопровождение преподаваемых дисциплин; отзывы коллег, учеников и родителей; информацию о профессиональных наградах, достижениях как самого педагога, так и его учеников; сведения о научных публикациях, проектах и др. В процессе профессионального становления учителя постепенно меняется и содержание его портфолио. Появление же самого электронного портфолио будущего педагога должно состояться еще в процессе получения профессионального образования, именно в вузе будущий учитель должен наряду с приобретением предметных и педагогических компетенций освоить технологии создания и сопровождения своего электронного портфолио. В Шуйском филиале ИвГУ овладение студентом технологиями создания электронного портфолио осуществляется в рамках ИКТ-дисциплин его профессиональной подготовки: «Информационные технологии», «Практикум по профессиональной деятельности в информационной среде образовательного учреждения», «Дистанционные технологии в образовании».

На этапе обучения в вузе происходит углубление обучающегося в ту область знания, которой будущий педагог будет заниматься в соответствии с выбранным профилем подготовки, студент приобретает опыт педагогической деятельности в процессе прохождения практик, пробует свои силы в различных конкурсах, проектах, участвует в различных мероприятиях. Все результаты образовательной, научной и творческой деятельности собираются в виде личного портфолио, которое должно сформировать у заинтересованного лица (преподавателя, потенциального работодателя, обучающегося, родителей учеников) целостный образ личности будущего педагога и его достижений.

2. Содержание портфолио

В процессе освоения ИКТ-дисциплин мы обучаем студентов различным способам создания электронного портфолио в зависимости от назначения и целевой аудитории. Это могут быть личный сайт, созданный самостоятельно, либо в конструкторе сайтов (Wix, Mozello,

Setup, Ucoz, a5 и т.д.) и личный кабинет в электронной информационно-образовательной среде образовательной организации (ЭИОС) (1С:Университет, КИС УЗ, Moodle и т.д.), в котором обязательно должна быть возможность ведения электронного портфолио, т.к. одно из требований ФГОС ВО говорит нам, что «Электронная информационно-образовательная среда организации должна обеспечивать формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение работ обучающегося, рецензий и оценок на эти работы со стороны любых участников образовательного процесса» [1].

В Шуйском филиале ИвГУ с 2017 частью ЭИОС является личный кабинет абитуриентов, обучающихся и преподавателей, который является частью «1С:Университет ПРОФ» (рис. 1) [2]. В личный кабинет обучающегося входит раздел "Моё портфолио", который состоит из следующих разделов:

– образовательная деятельность;
– научно-исследовательская деятельность;
– общественная, физкультурно-спортивная, творческая и другая деятельность.

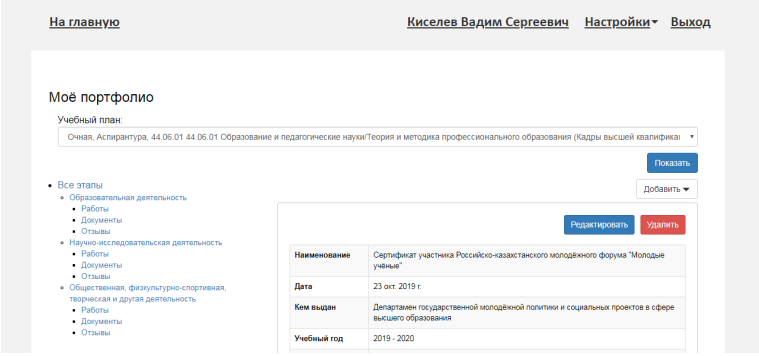


Рис. 1. Портфолио, созданное в личном кабинете студента

Каждый раздел включает в себя три типа объектов (работы, документы, отзывы). Одинаковая структура и требования к оформлению личного портфолио в ЭИОС позволяют получить объективные результаты при сравнении индивидуальных достижений студентов, например, при определении лучшего студента, или назначении именной стипендии по определённому виду деятельности, в дальнейшем оценивать квалификацию и опыт в педагогической деятельности, сравнивать педагогов между собой.

Удобным средством хранения и систематизации информации портфолио является сайт, созданный в приложении Google «Сайты». На нем можно выложить методические материалы, публикации, инструкции и др. Средствами Google–Сайтов студенты создают свое портфолио, где систематизированы все созданные ими учебные и творческие проекты (рисунок). Заключенный договор вуза с компанией Google позволяет создать для каждого студента учетную запись в домене Шуйского филиала ИвГУ (sspu.ru). Обладатель этой учетной записи может воспользоваться неограниченным дисковым пространством для хранения своего портфолио и не волноваться о сохранности и конфиденциальности той информации, которую он выкладывает на Google-Диск (рис. 2) [3].

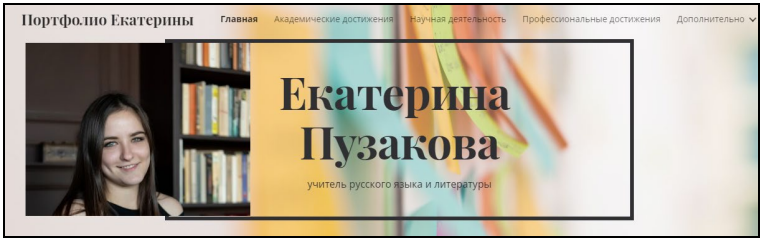


Рис. 2. Хранение информации средствами Google–Сайтов

Личное электронное портфолио (не включенное в КИОС вуза) удобно организовать в виде персонального сайта. Это даёт неограниченный выбор оформления и структуры, позволяет дать волю творчеству и сделать дизайн, максимально подходящий к личности. В статусе студента на таком сайте обычно собирается общая информация, курсовые работы, характеристика, статьи, выписка из зачётной книги, грамоты, сертификаты и т.п. Затем такой сайт может быть представлен как часть резюме при устройстве на работу. В статусе педагога сайт можно трансформировать в «Сайт учителя» (рис. 3).

Следующим этапом выпускника является устройство на работу. На собеседовании кандидату необходимо помимо рассказа о себе предоставить подтверждение своих достижений и заслуг в той или иной форме. Это может быть электронное портфолио, наполненное актуальной информацией, которое велось с начала обучения и отражает все виды деятельности, которыми занимался будущий учитель. Это позволяет объективно оценить его возможности и профессиональные качества. Электронное портфолио является необходимым условием при назначении различных стипендий и других поощрений. Потенциальные работодатели могут попросить вуз предоставить информацию о

выпускниках. В том случае, если портфолио велось в ЭИОС, то вуз имеет такую возможность, информация предоставляется в виде отчёта, либо работодателям предоставляется ограниченный доступ к системе. Это дает возможность сравнить и оценить выпускников, а затем пригласить на собеседование понравившихся кандидатов.

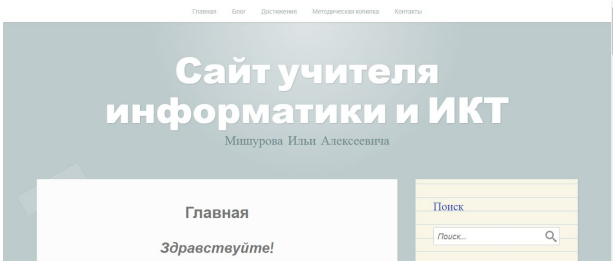


Рис. 3. Сайт учителя информатики и ИКТ

В деятельности учителя личное портфолио также играет важную роль, со стороны родителей – это оценка профессионализма учителя, его опыта, уважение за достижения и заслуги, получение целостного образа, со стороны обучающихся – уважение к учителю, пример, к чему нужно стремиться.

Заключение

На основании всего вышесказанного можно сделать следующие выводы. Создание студентами – будущими учителями личного электронного портфолио является необходимым условием результативного обучения, удачного трудоустройства и успешности в будущей профессиональной деятельности. Как педагогам это позволит им грамотно себя позиционировать перед коллегами, родителями и обучающимися. При наличии у студента, а в будущем – учителя, актуального, постоянно обновляемого электронного портфолио, университет имеет возможность отслеживать успехи в профессиональной деятельности начинающих педагогов. Это даёт возможность преподавателям корректировать свою работу для новых студентов, учить их формировать электронное портфолио на лучших примерах, а также ставить в пример выпускников, наглядно демонстрируя то, как они себя позиционируют через электронное портфолио, находить недочеты и наиболее удачные моменты представления материалов портфолио.

Наш опыт работы позволяет констатировать, что работа по созданию и сопровождению своего портфолио положительно влияет на

успеваемость студентов, повышается их интерес к учебному процессу и будущей профессиональной деятельности, мотивирует обучающихся на занятие научной и проектной деятельностью. При этом присутствует соревновательный эффект среди обучающихся, который поддерживает стремление дополнить свое портфолио новыми объектами и достижениями, стимулирует желание будущего педагога к совершенствованию и развитию своего профессионального уровня, побуждает к поиску новых технологий поддержки и сопровождения электронного портфолио.

Список литературы

1. ФГОС ВО по направлениям бакалавриата [Электронный ресурс]: Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. – Режим доступа: http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4 – № 5).

2. Ермошин, А. В. Опыт внедрения «1С:Университет ПРОФ» в Шуйском филиале Ивановского государственного университета / А. В. Ермошин, В. С. Киселев // Использование технологий 1С в образовании и их применение для развития кадрового потенциала цифровой экономики Москва, 29-30 января 2019 г. Сборник научных трудов 19-й международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 155-156.

3. Зайцева, С. А. Электронное портфолио студента как средство его профессионального позиционирования / С. А. Зайцева, В. В. Иванов // В сборнике: Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2017сборник трудов II Международной научно-технической и научно-методической конференции: в 8 т. – Рязанский государственный радиотехнический университет, 2017. – С. 149-151.

Профессиональные цифровые компетенции магистра прикладной информатики в условиях цифровой экономики

Т. А. Макарчук, email: tmakarchuk@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. *В статье рассматриваются требования к квалификации и профессиональные компетенции ИТ-специалистов в сфере экономики и управления с учетом программы цифровой экономики России. Проводится анализ международных стандартов и профессиональных стандартов Минтруда России в области ИТ.*

Ключевые слова: *цифровые компетенции, прикладная информатика.*

Введение

В условиях перехода на Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования поколения 3++, с учетом требований к ИТ-специалистам в условиях становления цифровой экономики возникает необходимость разработки профессиональных компетенций магистра прикладной информатики в экономике и управлении. Развитие системы профессиональных компетенций вошло в утвержденный 01.03.2016 Правительством нашей страны План действий, направленный на обеспечение стабильного социально-экономического развития России, в Стратегию развития информационного общества в России на 2017-2030, в программу Цифровая экономика Российской Федерации и в прочие Национальные технологические инициативы и принятые документы стратегического планирования, в том числе отраслевые акты.

1. Проблема разработки профессиональные цифровые компетенции магистра в условиях цифровизации страны

В период 2016-2020 гг. ужесточаются требования законодательства Российской Федерации к обязательному применению профессиональных стандартов в части требований к квалификации специалистов государственных учреждений России, носят рекомендательный характер для коммерческих организаций [1].

С 2012 года в России активно разрабатываются, утверждаются и применяются профессиональные стандарты в соответствии с Указом Президента РФ о реализации государственной социальной политики.

© Макарчук Т. А., 2020

Развитие системы профессиональных квалификаций включает разработку профессиональных стандартов и внедрение механизма оценки квалификаций с целью устранения дефицита кадров и недостаточного уровня подготовки специалистов [2]. Согласно Стратегии развития информационного общества в России одной из целей его развития является предоставление возможностей повышения и получения новых компетенций в условиях развития информационного пространства знаний, при этом одним из ключевых направлений повышения конкурентоспособности российских информационных и коммуникационных технологий является подготовка профессионалов в области цифровых технологий. Одной из ключевых целей направления «Кадры и образование» информационного общества России в 2017-20130 гг. является поддержка прикладных исследований в области цифровых платформ, методов и инструментов их функционирования в области цифровой экономики. При этом основное внимание уделяется построению конкурентоспособных и технологически независимых ИТ-решений и ИТ-платформ, отвечающих требованиям национальной безопасности [3]. Одним из предложений в рамках направления «Кадры и образование» выступает развитие образовательной среды в области цифровой экономики, включающее в себя и формирование компетенций в данной области.

Понятие «компетенция» согласно ч. 2 ст. 195.1 Трудового кодекса Российской Федерации рассматривается как характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности, в том числе выполнения определенной трудовой функции. Под ИТ-компетенциями мы понимаем объединение необходимых квалификационных требований (знаний, умений, способностей и опыта) в сфере информационных и коммуникационных технологий, суммарное использование которых приводит к существенному увеличению эффекта при решение определенных задач деятельности в области ИТ.

Теоретические основы формирования ИТ-компетенций частично представлены в Стратегии развития информационного общества в России, программе Цифровая экономика России, ГОСТ Р 55767-2013 Информационная технология, Европейской рамке ИКТ-компетенций 2.0., профессиональных стандартах в области ИТ, разработанных под эгидой Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий (АПКИТ); стандартах и библиотеках в области ИТ, таких как MOF Microsoft Operations Framework, ITSM HP Reference Model, ITPM - IT Process Model, COBIT – Control Objectives for Information and related Technology и другие. Однако существующие сегодня стандарты в

области ИТ, не учитывают в полной мере фактический круг полномочий, трудовых функций, закрепленных за ИТ-специалистами, а значит не позволяют персонализировать и применять их в полной мере.

2. Результаты сравнительного анализа профессиональных стандартов для ИТ-специалистов

По результатам сравнительного анализа профессиональных стандартов для ИТ-специалистов, разработанных под эгидой АПКИТ и утвержденных Министерством труда России, учитывая направления, виды деятельности и фактические трудовые функции, осуществляемые специалистами государственных учреждений в области информатизации и связи целесообразным обратить внимание на следующие профессиональные стандарты: «Менеджер по информационным технологиям», «Специалист по информационным системам», «Технический писатель (специалист по технической документации в области информационных технологий)» [4].

Профессиональный стандарт «Менеджер по информационным технологиям» описывает относительно новым для России вид профессиональной деятельности и охватывает широкий спектр руководителей в области ИТ отдельного учреждения, холдинговой структуры, региона: от управления вычислительными ресурсами, до управления инновациями. В основе стандарта четыре обобщенные трудовые функции, сформированные на основе основных слоев модели архитектуры предприятия: управление ресурсами ИТ; управление сервисами ИТ; управление информацией и управление ИТ-инновациями. Такая градация находится в полном соответствии с лучшими международными практиками моделей компетенций специалистов ИТ, в частности с Европейской рамкой ИКТ-компетенций (e-CF). Изучение содержание данного профессионального стандарта позволяет увидеть возможность применения обобщенной трудовой функции «Управление ресурсами ИТ» для специалистов государственных учреждений в области информационных технологий и связи.

Профессиональный стандарт «Специалист по информационным системам» описывает требования к компетенциям ИТ-специалистов, занимающихся проектированием, внедрением, модификацией информационных систем. Данный стандарт описывает профессиональную деятельность специалистов, вовлеченных в создание и эксплуатацию ИС. Разработка стандарта для специалистов в области информационных систем веласьсогласно европейской рамке ИКТ-компетенций. Изучение справочника Standard Occupational Classification позволяет найти специальности Software Developers, Applications, по

описанию очень схожи со специалистом по ИС. Таким образом можно говорить, что профессия «Специалист по информационным системам» в целом соответствует международным тенденциям в этой области. В стандарте Специалист по информационным системам выделено четыре обобщенных трудовых функции, для каждой из которых определены уровни квалификации при низшем 4-ом уровне квалификации, Проведя анализ трудовых функций и действий данного профессионального стандарта, а также учитывая уставные виды деятельности и функции специалистов государственных учреждений в области информатизации и связи, в рамках данного профессионального стандарта рассматривается применение для указанных специалистов такой ОТФ как «Выполнение работ и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы».

Проведенный сравнительный анализ международных стандартов в области ИТ и профессиональных стандартов для ИТ-специалистов позволил выделить трудовые функции 7-го и 8-го уровня квалификаций, который может выполнять выпускник магистратуры по направлению подготовки прикладная информатики в сфере экономики и управления.

3. Модель профессиональных цифровых компетенци магистра цифровой экономики

Профессиональные компетенции магистра прикладной информатики в сфере экономики и управления, составленные основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «19» сентября 2017г. №916, с учетом Профессионального стандарта Менеджер по информационным технологиям, утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13 октября 2014 г. № 716н, с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 декабря 2016 г. № 727н и Национальных программ цифровой экономики России разделены на три группы согласно типам задач профессиональной деятельности выпускника магистратуры: научно-исследовательский; организационно-управленческий; проектный [5].

Профессиональные компетенции магистра прикладной информатики в экономике и управлении, которые позволят ему выполнять научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности в условиях становления цифровой экономики, включают: способен принять и развивать методы управления информационными

ресурсами, использовать и разрабатывать методы формализации процессов ИТ; способен применять и развивать методики оценки эффективности информационных технологий и систем. Профессиональные компетенции решения научно-исследовательских задач прикладной информатики в условиях цифровой экономики можно считать достигнутыми, если магистр применяет стандарты и методы управления ИТ-инфраструктурой, исследует процессы ИТ, использует и разрабатывает методы формализации процессов ИТ, применяет и совершенствует методы управления изменениями ресурсов ИТ, предлагает и совершенствует модель предоставления сервисов ИТ в прикладной области, выстраивает отношения с пользователями и поставщиками сервисов ИТ, управляет изменениями и непрерывностью сервисов ИТ, составляет систему показателей оценки эффективности информационных технологий и систем, пороговые значения эффективности показателей, совершенствует и применяет методы и модели оценки эффективности ИТ, анализирует и обобщает результаты научно-исследовательской деятельности с использованием современных достижений науки и техники.

В таблице представлена модель профессиональных цифровых компетенций магистра цифровой экономики.

Таблица

Модель профессиональных цифровых компетенций магистра цифровой экономики

ИТ-компетенции решения научно-исследовательских задач цифровой экономики	использовать и разрабатывать методы формализации процессов ИТ
	способен применять и развивать методы управления информационными ресурсами и сервисами ИТ
	способен применять и развивать методики оценки эффективности ИТ и ИС
ИТ-компетенции решения организационно-управленческих задач цифровой экономики	способен организовывать создание стратегии ИТ, презентовать идеи и принципы стратегии ИТ
	способен организовывать информационной средой, в т.ч. ИТ-инфраструктурой, активами ИТ и конфигурациями ИС
	способен управлять отношениями с поставщиками и потребителями информации, эффективно использовать современные приемы и методы работы с ИТ-персоналом

Окончание таблицы

ИТ-компетенции решения проектных задач цифровой экономики	способен разрабатывать и обосновывать проекты информатизации предприятий и организаций в прикладной области, применять на практике инструменты управления рисками ИТ-проектов
	способен формировать вклад ИТ в создание и реализацию инновационной стратегии предприятия и организации, выявлять и внедрять ИТ-инновации
	способен обслуживать и развивать информационную среду, организовывать процессы управления изменениями информационной среды

Профессиональные компетенции магистра прикладной информатики в экономике и управлении, необходимые для решения организационно-управленческого типа задач профессиональной деятельности, предлагаются следующие: способен организовывать управление сервисами ИТ, информационной средой, в т.ч. ИТ-инфраструктурой, активами ИТ и конфигурациями ИС; способен организовывать создание стратегии ИТ, презентовать идеи и принципы стратегии ИТ; способен в условиях функционирования информационной среды управлять отношениями с поставщиками и потребителями информации, эффективно использовать современные приемы и методы работы с ИТ-персоналом.

Для реализации проектной деятельности магистр прикладной информатики в экономике и управлении должен обладать компетенциями: способен разрабатывать и обосновывать проекты информатизации предприятий и организаций в прикладной области, применять на практике инструменты управления рисками ИТ-проектов; способен формировать вклад ИТ в создание и реализацию инновационной стратегии предприятия и организации, выявлять и внедрять ИТ-инновации; способен обслуживать и развивать информационную среду, организовывать процессы управления изменениями информационной среды.

Областями знаний, на которые направлены формируемые компетенции, предложенные выше, являются: информационные технологии; информационные системы; процессы ИТ; информационные ресурсы; ИТ-инфраструктура; сервисы ИТ; информационная среда; стратегия ИТ; бюджет ИТ; ИТ персонал; программы и портфели ИТ-проекта; риски проекта.

Заключение

В настоящее время предлагаемые профессиональные компетенции формируются в рамках магистерской программы «Цифровые технологии в экономике и управлении» СПбГЭУ. Приведенные профессиональные компетенции для должностей ИТ-специалистов в области экономики и управления уровней квалификации 7 и 8 могут быть использованы как базовые компетенции трудовой деятельности ИТ-специалиста, в том числе развития талантов ИТ-персонала.

Разработка компетентностной модели магистра прикладной информатики в экономике и управлении будет способствовать увеличению числа подготовки ИТ-специалистов, готовых выполнять профессиональные задачи в области информатизации и связи в условиях цифровой экономики.

Список литературы

1. Путькина, Л. В. Образование в цифровом пространстве / Л. В. Путькина // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей. Сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции. – СПб: СПбГЭУ. – 2018. – С. 269-272.

2. Minakov, V. F. Dynamic management model of innovations generations / V. F. Minakov [et al.] // Proceedings of 2017 XX IEEE international conference on soft computing and measurements (SCM). – 2017. – P. 849-852.

3. Makarchuk, T. Mobile learning on the basis of the cloud services / T. Makarchuk // Proceedings of the International Conference on E-Learning, EL 2017 – Part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems. – 2017. – P. 175-178.

4. Калюжная, Н. В. Разработка модели компетенций организации // Молодой ученый. – 2016. – № 6. — С. 447-455.

5. Makarchuk, T. A. Quality management of e-learning in information technology management training / T. A. Makarchuk [et al.] // European proceedings of social and behavioural sciences, Russia. – 2018. – V. 50. – P. 742-748.

Содержание

XX Международная научно-методическая конференция «ИНФОРМАТИКА: ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ»

Секция 1. Методы и технологии разработки программных систем

Tashpulatova N. B. Building process organization problem solving in computing environment 4

Авсеева О. В., Чернышов М. К. Задача упаковки в контейнеры множества элементов с учетом времени их обработки 12

Боева А. В., Преображенский А. П. Исследование характеристик речевых сигналов на основе вейвлет-анализа 15

Болотова С. Ю., Сиволапов К. В. Использование продукционной модели знаний для решения задачи генерации подмножеств естественного языка 23

Борисенков Д. В. Сравнение моделей управления доступом СУБД ЛИНТЕР и СУБД PostgreSQL 31

Володина М. А. Реализация инструментальных тестов на CI для Android-приложений 35

Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О. Пользовательский интерфейс ИИС исследования характеристик полимерных композитов 40

Драбо А. И., Пигарев А. Е., Животворев А. С. Использование тестирующих и контролирующих программ при изучении специальных дисциплин 48

Землянухина Т. В., Вахтин А. А. Алгоритм тестирования гиперссылок на страницах веб-сайта 54

Иванов А. В., Лысачев П. С., Матвеева М. В. Межверсионное тестирование и анализ производительности клиент-серверного продукта 59

Иванов И. Ю. Исследование расширенной модели рассуждений в продукционной логике нулевого порядка 65

Капранчикова А. А., Бессонов К. А., Клевцова А. С. Разработка клиент-серверной системы массового пользования, реализующей работу аудиобиблиотеки 71

Когут А. С., Матвеева М. В. Анализ систем для сбора, хранения и отображения различных системных метрик от микросервисов 78

Кожура П. А. Информационное сопровождение потока задач на основе методологии Канбан 79

Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Клюев Д. А. Информационно-образовательная авторизованная среда в военном вузе..... 96

Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О. Определение состава электронного учебно-методического комплекса в учреждениях высшего профессионального образования 105

Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н. Применение программированного обучения в образовательном процессе вуза..... 114

Лещинская М. В., Махортов С. Д. Экспериментальное исследование распределенного LP-вывода методами математической статистики 120

Махортов С. Д., Клейменов И. В. Обобщение алгебраических моделей нечетких интеллектуальных систем..... 136

Муратова Н. В., Каплиева Н. А. Поиск нечетких дубликатов

в реляционных базах данных на примере СУБД PostgreSQL 143

Никонов И. Е., Соломатин Д. И. Автоматизация контроля температуры в силосных башнях 150

Ногих А. А., Махортов С. Д. Применение LP-структур на решетках типов для осуществления рефакторинга методом совмещения атрибутов 159

Семенова Т. Б. Создание информационно-аналитической системы обучения немецкому языку 167

Скибо Т. Ю., Легостаева Е. С., Великанова Л. А. Визуализация результатов тестирования в «Системе программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих»..... 173

Скибо Т. Ю., Легостаева Е. С., Великанова Л. А. Особенности тестирующей части «Системы программно-диагностического сопровождения процесса формирования и развития патриотизма военнослужащих..... 181

Старикова А. А. Рефакторинг унаследованного программного кода 190

Суродеева М. В., Чеканина А. Е. Создание обучающих видеороликов с помощью мобильных приложений 195

Ушаков В. А., Данилова А. В., Проскуряков Е. Д. Разработка системы автоматизированного анкетирования для медицинских учреждений 204

Чернышов М. К. Использование механизма Split DNS при развертывании корпоративного почтового сервера 210

Секция 2. Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Равшанов Н., Далиев Ш. Математическая модель для мониторинга и прогнозирования изменений уровня грунтовых вод и концентрации солей в них 216

Чернецова Е. А., Шишкин А. Д., Гомера А. В. Модель автоматизированной СКУД по шагам человека 232

Semka E. V., Lemina O. S., Verlin A. A., Solomatin D. I. Determining Acceptable Values for Control Parameters in the Hollow Full-Sphere Problem 240

Абрамов П. Б., Вербицкий А. В., Казьменко А. А. Оценка влияния параметров стохастических потоков событий на вычислительную сложность имитационных моделей 248

Андронников В. В., Костылева Л. Н. Методика прогнозирования интенсивности ливневых осадков 257

Арзамасцев А. А., Слетков Д. В., Пронин Я. П. Вычислительные эксперименты по оптимизации энергопотребления и времени облета маршрута мультироторным летательным аппаратом (МРЛА) ... 262

Бабкина Ю. Н., Верлин А. А. Упругопластический полый шар в условиях теплового и силового воздействий 269

Бакаев Г. Н., Круссер И. В., Черепанов Д. В. Решение задачи распределения разнородного ресурса в сложных метеорологических условиях 276

Башлыков С. Н., Малинин Н. И., Костылева Л. Н. Методика организации экспертной базы знаний о правилах формализации разнородной метеорологической информации 283

Белобродский В. А., Туровский Я. А., Борзунов С. В. Выделение групп биомедицинских данных в процессе классификации на основе алгоритмов минимизации дисперсии 293

Берестевич Г. В., Закусилов В. П., Мартинез Э. Н. Использование компьютерного моделирования в задаче прогноза отдельных характеристик тропического циклона 302

Беспалов С. В., Чурюканов А. А. Использование нейросетевых технологий при прогнозе альтернативных метеорологических явлений 312

Бобрусь В. А. Увеличение продолжительности полета малоразмерного беспилотного летательного аппарата в условиях обледенения 319

Богословский А. В., Борисов Д. Н., Разиньков С. Н., Разинькова О. Э. Моделирование и анализ диаграмм направленности решеток элементарных электрических вибраторов на боковой поверхности цилиндра конечной длины 326

Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Назенцев И. В., Ипполитов С. В. Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик БпЛА вертикального взлета и посадки ЯСТРЕБ-2 334

Бочаров А. С., Болобин И. А., Шипилов А. А. Полунатурная модель системы электроснабжения постоянного тока воздушного судна в среде имитационного моделирования Matlab/Simulink 340

Булгин Д. В., Ведерников А. А., Зубрилин К. А. Модели оценки прозрачности атмосферы для целей метеорологического обеспечения государственной авиации 346

Буров Р. И. Компьютерная модель многоканального сообщения с частотным разделением каналов 351

Буховец А. Г., Семин Е. А., Кучеренко М. В. Вейвлет-анализ динаимческой модели NDVI для зерновых культур 357

Вагин В. В., Алексеев В. В., Емельянов Е. Н. Интеллектуальный модуль определения изображений деструктивной направленности 363

Волович К. И., Денисов С. А. Подходы к организации вычислительного процесса гибридного высокопроизводительного вычислительного комплекса для решения задач материаловедения 368

Высоцкая И. А., Михалев А. С. Применение средств компьютерного моделирования для проектирования с использованием обобщённого мультипликативного критерия оптимальности 378

Гедзенко Д. В., Ситников Р. Ю. Модель метеорологического обеспечения авиационных задач на основе линейного программирования 383

Гончар Л. Л., Копытин И. А. Проблемы обеспечения достоверности измерений расхода жидких сред в технических системах 388

Горячев О. В., Воробьев В. В., Ломакин А. К., Меркулов И. А. Разработка методики полунатурных испытаний высокоточной системы телеуправления 391

Горячев О. В., Степочкин А. О. Система позиционного электропривода высокой точности на основе шагового электрического двигателя 400

Грицун К. Д., Похващев В. Н., Швыряев Д. Н. Анализ способов повышения точности определения местоположения радиоэлектронных средств при ведении радиотехнической разведки с воздушных носителей 409

Громковский А. А., Костылева Л. Н., Громковская Н. А. Модель безубыточной работы свеклосахарного производства 416

Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мозиков Б. В. Прогностическое итерационное моделирование параметров движения атмосферы 422

Губанов Е. В., Павельев О. И., Похващев В. Н. Обоснование технических параметров системы защиты военных и государственных объектов от несанкционированных действий малогабаритных БЛА комического назначения 428

Данилин М. А., Татаринов А. Н. Оценка влияния качества информационного обмена на обоснованность принимаемых решений при управлении авиацией 438

Деркачев А. И., Дорофеев В. В., Степанов А. В., Деркачев А. И., Насонов А. А. Методика оценки метеорологических условий по территории с редкой метеорологической сетью при выполнении авиационных работ 443

Дмитриев О. С., Барсуков А. А. Нейросетевое моделирование кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов.....447

Дорофеев В. В., Булгин Д. В., Насонов А. А. Модель оперативной визуализированной дешифровки метеорологической информации для пункта приема «Сюжет-МБ» в условиях нестабильного радиосигнала.....453

Зайцев С. А. Компьютерное моделирование молекулярных структур полимеров.....459

Закусилов В. П., Гедзенко Д. В., Неъматов М. С. Компьютерное моделирование температурных трендов.....466

Иванутkин А. Г., Блинов А. В., Бурянин С. Н. Подход к определению требований к радиотехническому обеспечению полетов государственной авиации.....474

Илларионов Б. В., Малиев Д. С. Формирование предложений по детализации алгоритмов распознавания принадлежности сигналов линий спутниковой связи одновременно наблюдаемым спутникам-ретрансляторам.....481

Исаева О. В., Осипова И. А., Желудков А. М. Особенности компьютерного моделирования поверхности полимерных мембран, используемых в производстве колбасных изделий.....489

Казьмин А. И., Федюнин П. А., Манин В. А. Компьютерная электродинамическая модель дефектоскопического контроля диэлектрических материалов и покрытий.....497

Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д. А. Компьютерная электродинамическая модель процесса измерения электрофизических параметров метаматериалов методом поверхностных электромагнитных волн.....506

Канищева О. И., Калинкин К. Ю. Моделирование процесса боевых действий с помощью дискретных цепей Маркова.....513

Канищева О. И., Картушин В. С. Имитационное моделирование системы массового обслуживания.....518

Капитанов В. В., Козирацкий А. А., Помазков В. В. Определение направления на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника(с использованием корреляционной обработки изображений.....525

Кирносов С. Л. Фрактальная прогностическая модель обработки потоковой метеорологической информации.....532

Ковалев В. И., Вилков Л. В., Петров В. Н., Метельский А. О. Программный комплекс для оценки реальной дальности видимости с применением приборов ночного видения в темное время суток.....537

Козирацкий А. Ю., Кусакин О. В., Фролов М. М., Козирацкий А. А. Имитационная модель процесса управления беспилотным летательным аппаратом малого класса с использованием оптического диапазона длин волн.....545

Козориз Д. В., Лобода А. В. Использование символьных вычислений для определения рангов систем билинейных уравнений.....552

Колтаков Е. В., Стафеев М. А. Математическое моделирование в системах управления связью и радиотехническим обеспечением авиационных формирований.....557

Кононов А. Д., Кононов А. А. Моделирование некоторых статистических характеристик частично поляризованных волн в задаче распознавания радиолокационных объектов.....562

Копытин И. А., Гончар Л. Л., Свиридов В. Г., Нуждин К. А. Разработка стандартов с использованием моделирования и информационных технологий.....569

Краюхин С. Б., Алексеев В. В., Никитин Р. П. Специализированный программный блок для автоматизации задач проведения экспертизы нормативных правовых актов или их проектов.....574

Крутских В. В., Лобода А. В. Интегрирование 7-мерных алгебр Ли с использованием символьных вычислений.....579

Кузнецов И. Е., Кузнецов А. А., Страшко О. В., Нижников Н. А. Алгоритмические модели учета метеоусловий в процессе поиска и обнаружения наземных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов.....587

Купряшкин И. Ф., Мазин А. С. Учет влияния погрешности оценки скорости изменения частоты при противодействии радиолокационным станциям ретрансляционными помехами.....596

Курбонов Н. М. Моделирование процесса многомерной трехфазной фильтрации.....604

Курьянов И. Ю., Хильченко Р. Г., Сычев Д. О. Разработка программного модуля по оценке степени снижения потерь боевого порядка за счет радиоэлектронного подавления радиоголовки самонаведения зенитно-ракетного комплекса станциями активных помех 609

Лехачев Е. В., Иванцов А. В. Модель обнаружения воздушным оптико-электронным средством Наземного объекта с учетом его тени 620

Ловцов Д. А., Гаврилов Д. А. Моделирование оптико-электронных систем в процессах переработки визуальной информации 625

Львович Я. Е., Преображенский А. П. Моделирование работы образовательной организации на основе игровой модели 634

Мартьяшкин А. Б., Чуб Р. В. Научно-методический подход к созданию модели восстановления поля температуры воздуха у поверхности земли в условиях дефицита данных наблюдений..... 644

Маслобойщиков А. Н., Серебрянский П. И. Методика оптимизации прогностических методов с учетом физико-географических условий местности..... 650

Матвеев М. Г., Сирота Е. А. Анализ свойств альтернативных МНК-оценок в задаче параметрической идентификации распределенных динамических процессов..... 654

Мельников А. В. Учет аэродинамического показателя качества дозвукового беспилотного летательного аппарата с установленной противообледенительной системой при оценке дальности и продолжительности полета..... 664

Михайлов Е. М., Михайлова Е. Е. Моделирование работы промышленного инкубатора 675

Михайлов К. А. Компьютерная система моделирования пожаров с применением теории клеточных автоматов..... 678

Можей Н. П. Нильпотентные подалгебры линейных алгебр Ли 683

Нижников А. В., Коцарь М. П., Страшко О. В., Агафонов В. В. Методика моделирования автоматизированной обработки измерений в вычислительных комплексах 689

Никитин Б. Е. Об одном подходе к формированию множества возможных профилей предпочтений экспертов..... 698

Ножкин В. С., Семёнов М. Е., Ульшин И. И., Османов Р. М. Двумерная стохастическая модель переноса влаги в атмосфере 705

Осипов А. В., Перлов А. Ю., Панкратов В. А., Казанцев А. М., Минца А. Л. Алгоритм прогнозирования технического состояния радиоинформационных систем по данным встроенного контроля 714

Палванов Б. Ю., Юсупова Ж. К., Бабаджанов К. Р. Определения коэффициента бародиффузии технологического процесса ионообменного фильтрования суспензии 719

Паринов М. Л., Петренков Е. В., Коломоец В. А. Способ однопозиционного определения координат радиоизлучающих средств 726

Петросян Я. В. Выравнивание яркости аэрофотоснимка, имеющего неоднородность освещённости из-за кучевой облачности 733

Погребной Д. С., Самодуоров А. С., Скугорова Я. В. Моделирование ТЕМ- рупоров круглого сечения с различными вариантами ускоряющей диэлектрической линзы 741

Попов В. В., Попова И. В. Метод оценивания эффективности работы программистов на основе теории нечеткой логики 748

Попова И. В. Применение аппарата динамического программирования для оптимального распределения проектов в IT-компаниях 756

Прошина О. М., Рыженко А. А. Особенности проектирования информационно-аналитической системы поддержки управления пожарной безопасностью в образовательных комплексах 762

Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., Лукин М. Ю. Методика и результаты статистических оценок эффективности идентификации разнородных данных 770

Разиньков С. Н., Тимошенко А. В., Лукин М. Ю. Анализ помехозащищенности систем радиосвязи и радиолокации со сверхширокополосными сигналами 775

Расторгуев И. П., Фадеев М. А. Методика объективного диагноза синоптического положения 782

Решетова О. О., Толкачев А. В. Особенности синхронизации в системе связанных осцилляторов ван дер Поля с гистерезисным звеном 790

Рябов А. В. Алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости в адаптивных сетях радиосвязи 797

Ряжских А. В., Рябцев В. А. Плоское напряженное состояние закрепленной пластины с отверстием при кручении в ее плоскости 805

Самхарадзе К. К., Михелев В. М. Определение морфометрических характеристик поверхностных структур лимфоцитов на трехмерных изображениях клеток крови 812

Соловьев А. В., Ульшин И. И. Использование элементов технического анализа для определения тенденции изменения метеорологических величин 820

Тищенко А. И. Математическая модель обнаружения цели оператором дрона оптико-электронными средствами 826

Усков А. В. Компьютерное моделирование траекторий полета беспилотного летательного аппарата в интересах решения задач радиомониторинга 836

Усков А. В. Модель оценки возможностей средств радиотехнической разведки самолетов по информационному обеспечению применения авиационных управляемых ракет 842

Феофилов С. В., Козырь А. В. Алгоритм синтеза и оптимизации релейных автоколебательных систем с цифровым регулятором 848

Хныкин Д. Е., Туровский Я. А., Борзунов С. В. Информационная система управления фарами транспортного средства в условиях недостаточной освещённости 858

Ширяева М. В., Воронина И. Е. Задача геопозиционирования объекта 861

Секция 3. Технологии обработки и защиты информации

Адамовский Е. Р., Богуш Р. П., Наумович Н. М. Алгоритм конвертации сфокусированного радиолокационного изображения и метаданных в стандартизированный формат представления 867

Архипов Ю. Н. Профилирование поведения пользователя почтового сервиса в целях выявления аномалий 873

Архипов Ю. Н., Зайцев Д. В. Результаты анализа возможностей протоколов для маскирования структуры информационных систем 883

Афанасьевский Л. Б., Горин А. Н., Жуматий В. П. Военно-специальная игра как форма подготовки специалистов по информационной безопасности 889

Барсуков И. С., Ряполов М. П., Бобрешов А. М. Экспериментальное исследование фрактальных свойств трафика под воздействием DoS-атаки 899

Бодякин М. С., Гритчин А. Д., Каравайцев К. А. Разработка алгоритма защиты IP-сетей от сетевой разведки 907

Босиков Н. А., Лютин В. И. Обработка больших данных в задачах оценки точности наведения беспилотных летательных аппаратов по рельефу земной поверхности 914

Выгоняйло В. Р., Михелев В. М. Повышение точности классификации рентгеновских снимков с использованием дообучения составной нейросети 922

Гетман В. И., Селютин В. В., Смирнов Д. Н. Система защиты помещения от несанкционированного съема акустической информации 929

Головинский П. А., Колодяжный С. А. Гендерный генетический алгоритм в задаче динамической оптимизации 936

Горбачев А. А., Казьмин Г. Ю. Обоснование задачи динамического управления сетевыми соединениями для предотвращения массовой рассылки спама 946

Горбачев А. А., Лавренов Д. В. Алгоритм защиты информационных систем от массовой рассылки спама на основе управления сетевыми(соединениями 956

Горин А. Н., Афанасьевский Л. Б. Реализация и применение простых средств защиты электронных ресурсов 964

Гритчин А. Д., Каравайцев К. А. Разработка алгоритма маскирования структуры сети на основе динамического управления адресным пространством 974

Гритчин А. Д., Масловский В. С., Каравайцев К. А. Способ защиты информационных систем на основе динамического изменения их структурных параметров 980

Гуляева Д. А., Лютин В. И. Принцип принятия решений по результатам обработки больших объёмов данных от нескольких независимых источников 987

Диченко С. А. Алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды.....996

Диченко С. А. Системный анализ проблемы обеспечения целостности данных в информационно-аналитических системах.....1001

Дрюченко М. А. Аддитивный алгоритм стеганографического маркирования графических контейнеров на основе метода FastICA..1006

Евстафиев А. Ф., Евстафиев Ф. А. Способ распознавания двоичных информационных сигналов в условиях частотно-селективных искажений на фоне белого шума.....1014

Жуматий В. П., Денисенко Д. И., Чернышова Е. В. Разработка специального программного обеспечения стеганографического скрытия информации в аудиофайлах.....1022

Казьмин Г. Ю., Доронин С. С. Разработка алгоритма маскирования структуры IP-сети от сетевой разведки.....1032

Кирсанов Э. А., Татаринцев В. А. Кластеризация множества оценок координат источников радиоизлучения в многопозиционных радиосистемах методом среднего сдвига.....1040

Коваль А. С. Опыт создания виртуальных лабораторий распределенных систем защиты информации.....1047

Королев В. А., Каравайцев К. А. Разработка алгоритма управления характеристиками устройств передачи сетевого трафика информационной сети.....1052

Куропаткин А. В., Иванков А. Ю. Закраска цифровых изображений с использованием глубоких нейронных сетей.....1058

Кусков И. Э., Павлов П. В., Вольф И. Э., Хобта Р. Г. Программная реализация алгоритмов восстановления изображений методом цифровой голографии.....1064

Кусков И. Э., Павлов П. В., Степанов А. Р. Программный модуль генерации цифровых голограмм.....1069

Кучуров В. В. Моделирование функционирования сети передачи данных при реализации маскирующего обмена.....1074

Кучуров В. В., Шерстобитов Р. С. Методика мониторинга сети передачи данных для обеспечения маскирующего обмена.....1080

Лактионова М. А., Воронина И. Е., Мещеряков В. А. Алгоритм поворота изображений для анализа подписей человека 1089

Леденева Т. М., Соколов Д. С. Разработка экспертной системы для агроэкологической оценки почв и оптимизации землепользования ... 1094

Масловский В. С., Доронин С. С., Починок В. В. Моделирование способа маскирования структуры IP-сети на основе адаптивного изменения ее параметров 1101

Нагула Е. Н. Анализ алгоритмов моделей данных для аутентификации на основе клавиатурного ритма 1108

Никулин С. А., Кармнов В. Н. Использование технологии виртуальных частных сетей для обеспечения безопасности информации в системах военного управления 1115

Новикова С. В. Методы совмещения результатов аэрофотосъемки и цифровой карты местности 1123

Пелехоца О. В., Батищев Д. С., Михелев В. М. Вычисление метрик объективной оценки качества медицинских изображений крови 1129

Почепцов Е. А., Десятирикова Е. Н., Лютин В. И. Потенциальная точность самонаведения беспилотных летательных аппаратов с комплексированием наблюдений в различных физических полях 1139

Починок В. В., Теленьга А. П., Шерстобитов Р. С. Способ обнаружения удаленных атак на системы управления военного назначения 1147

Саввин С. В., Сирота А. А., Иванков А. Ю. Анализ алгоритмов (построения сверхразрешения изображений в условиях аппликативных помех 1155

Сирота А. А., Швырева А. В. Разработка и исследование программного обеспечения для классификации неоднородного потока зерновых смесей на основе обработки цветных изображений 1162

Скрыль С. В., Винокуров С. А., Мещерякова Т. В., Ходырев Т. Б., Асеев В. Н. Методический подход к оценке своевременности реагирования на проникновение в охраняемую зону путем блокирования информации в комплексах физической защиты 1173

Степанцов В. А. Средства и методы защиты данных в базах данных от несанкционированного доступа 1185

Талаев Д. В. Рэнкинговая оценка информационной безопасности цифровых сервисов 1193

Теленьга А. П., Починок В. В. Защита движущейся цели для облачных центров обработки данных 1198

Ткач Е. В., Медведев С. Н., Медведева О. А. Исследование алгоритмов выделения контуров к задаче металлографии 1206

Утянский А. А., Батищев Д. С., Михелев В. М. Программная реализация алгоритма сегментации пересекающихся объектов на медицинских изображениях крови 1212

Хальзов С. А., Фертиков В. В. Аппроксимация кластерной диаграммы Вороного 1222

Секция 4. Информационные системы и базы данных

Батенков К. А. Анализ надежности многокомпонентных технологических сетей на основе нижней границы Эзари–Прошана. 1231

Воронкова Е. Г., Попова П. В., Матвеева М. В. Разработка интерактивного сервиса поддержки обучения языку SQL 1236

Дронов Р. О. Особенности выбора архитектуры и компонентов

для построения распределенных приложений 1246

Кремер О. Б., Подвальный С. Л., Папилина М. С. Особенности программной реализации информационно-справочной системы «Интерактивная афиша Воронежа 1251

Кульба В. В., Меденников В. И. Дезинтеграционные процессы разработки программного обеспечения сайтов НИИ 1260

Михайлов Е. М., Михайлова Е. Е. Использование базы данных для подготовки макета книги 1269

Потапов Д. Р. Обзор алгоритмов кэширования для использования в самоадаптирующихся контейнерах данных 1273

Рубцов Е. А. Унифицированный язык описания структур 1283

Саттаров А. Б., Абдурахманов А. А., Гулямова Д. Р. Адаптируемая автоматизированная информационная система для медицинских центров 1292

Смирнова В. А., Матвеева М. В. Механизм проверки решений в интерактивном сервисе поддержки обучения языку SQL 1298

Ундозерова А. Н. Аспекты реализации системы информационной поддержки учета достижения компетенций курсантов 1304

Хохлов Р. А., Фирюлина М. А., Демченко М. В. Разработка автоматизированного рабочего места врача-кардиолога 1311

Секция 5. Прикладное моделирование и E-business

Путькина Л. В. Формирование бизнес-архитектуры предприятия с использованием информационно-коммуникационных технологий 1319

Анисимов Д. Н., Медникова О. С., Василькова П. Д. О возможности использования метода модулирующих функций для идентификации нестационарных динамических объектов 1325

Анфёров М. А. Поддержка принятия решений при оптимизации технологических маршрутов 1335

Вахранев А. В., Ерешко А. Ф. Моделирование технологии распределённых реестров 1340

Дмитриевский Б. С., Башкатова А. В., Терехова А. А. Математическая модель процесса горения электрической дуги в сталеплавильной печи переменного тока 1347

Ерешко Ф. И. Математические модели при обустройстве цифровых платформ..... 1355

Зацаринный А. А. Ключевые проблемы цифровой трансформации общества 1375

Иванов А. В., Янкина К. Ю. Анализ процессов проектного управления в организации 1386

Илларионов И. В., Лещева Ю. И. Учет требований закона о персональных данных в SAP транзакциях на примере модуля TOPO 1396

Илларионов И. В., Володченко В. П. Разработка интеграционного сервиса автоматического обновления банковских данных 1405

Илларионов И. В., Елисов И. Д. Расчет KPI сотрудников средствами Smart Data Integration 1415

Илларионов И. В., Титова М. А. Проектирование и разработка BI веб-приложения для проведения спортивных мероприятий..... 1425

Каладзе В. А., Бабенко А. Г., Вахтель В. М., Работкин В. А. Динамические модели процессов регистрации активности дочерних продуктов распада радона на фильтре 1433

Козлов С. В. Методология развития и применения процессного подхода к созданию интегрированных систем управления 1441

Колодин В. И., Баранов Р. А., Хасанов Ш. Т. Математическое моделирование в процессе принятия решения на построение системы радиотехнического обеспечения полетов авиационного формирования 1452

Коновалов О. А., Забавников В. Н., Блажков П. Е. Способ оптимизации структуры детерминированной сетевой модели при моделировании процесса управления потоками ресурсов 1457

Коновалов О. А., Каберов С. Р., Литвинов Д. П. Способ решения задачи рационального распределения ресурсов для стохастических сетевых моделей 1464

Коротков В. В., Матвеев М. Г. Оптимизация последовательной схемы генерации расписания при решении RCPSP 1470

Кутищев Д. С., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н. Структурное моделирование транспортных потоков социально-экономических объектов 1479

Лакомов Д. В., Поляков Д. В., Алексеев В. В. Логико-лингвистическая модель определения контурных точек сосредоточенных и площадных объектов в условиях неопределённости 1484

Меденников В. И., Райков А. Н. Оценочные критерии эффективности трансфера научно-образовательных ресурсов в экономику регионов 1492

Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Шепелёва О. Ю. Модель конвергенции в цифровой экономике 1504

Нижневский В. В., Матвеев М. Г. Применение нечеткого агрегирования в задаче распределения ресурсов 1510

Рябов А. В., Скорик А. С. Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением энергетическими параметрами передатчиков 1518

Торопчин Д. А., Мирошниченко А. С., Михайлюк Е. А. Автоматизация процесса распознавания маркировок непрерывнолитых заготовок 1524

Шипко Ю. В., Балакин В. С., Шувакин Е. В. Обобщенный биометеорологический показатель безопасности работ на открытой местности в жарком климате 1529

Шишкин А. А. Применение моделей формирования индивидуальной траектории освоения оператором эрготехнической системы 1537

Якунина Е. А., Федорова О. В. Управление рисками ИТ-проекта на этапе внедрения 1544

Секция 6. Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска

Артемова О. Г. Опыт визуализации маркемно-генеалогических Р-связей в британской прозе XVII-XX веков 1552

Балакирев Н. Е., Евсеева М. В., Фадеев М. М. Решение задачи формирования топологической первоосновы на основе матрицы отношений 1559

Бандурина А. А. Анализ алгоритмов сравнения текстов на русском языке 1567

Гаршина В. В., Данковцева А. Ю. Обзор Linked Data Triplestores для задачи хранения семантических текстовых данных 1572

Гейс Э. А. Моделирование процесса достижения консенсуса методом локального голосования многоагентной системы, использующей Wi-Fi сеть 1578

Господарикова И. С., Гаршина В. В. Существующие технологии анализа речи на естественном языке 1586

Гриф М. Г., Королькова О. О., Мануева Ю. С. Машинный перевод русского жестового языка глухих 1591

Демидов А. И., Амаева Л. А. Разработка системы прогнозирования аварийно-опасной обстановки с учетом погодных условий 1598

Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Клюев Д. А., Румянцев Е. О. Интеллектуальные информационные системы в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия 1603

Донина О. В., Дмитриев Д. С. Автоматизация процесса сбора данных из лингвистических корпусов четвертого поколения 1607

Егоров Н. Г., Амаева Л. А. Использование технологии машинного зрения для разработки системы поиска и обнаружения инородных тел для обеспечения качества выпускаемой продукции..... 1611

Зацаринный А. А., Лазарев В. М. Некоторые аспекты искусственного интеллекта как драйвера цифровой трансформации экономики России 1617

Кретов А. А., Половинкина М. В., Половинкин И. П., Ломец М. В. О некоторых количественных характеристиках фрактальности в языке 1627

Кузьмина А. И. Создание адаптивного алгоритма и программного комплекса выделения именованных сущностей из текстов на русском языке..... 1635

Митрофанова Е. Ю., Щербакова А. Г. Разработка интеллектуального интерфейса подстраивающегося под критерии пользователя 1640

Михелёв В. В., Маторин С. И. Формализация структуры иерархических систем с помощью дескрипционной логики..... 1645

Полицына Е. В., Полицын С. А., Зеленова М. В. Создание программного веб-интерфейса для доступа к инструментам автоматической обработки текстов 1655

Полицына Е. В., Полицын С. А., Поречный А. С., Милованова Е. Е. Проблема и алгоритм автоматического выделения контекстных синонимов из текстов на русском языке 1663

Самохин А. А. Разработка системы устранения сокращений в текстах на русском языке 1670

Скалина Е. Ю., Воронина И. Е. Применение программных средств определения фонемно-цветовой синестезии для анализа ленты новостей..... 1677

Смирнов И. С., Биллиг В. А. Роль лексического агента в семантике LRA 1683

Сычев А. В. Тематическая фильтрация новостных сообщений с помощью комбинированного подхода на основе анализа ключевых слов в сообщениях и активности целевой аудитории пользователей.. 1690

Филипацци Ю. А. Использование информационных технологий в сравнительно-типологическом исследовании диалектной речи Италии 1696

Секция 7. Суперкомпьютерные вычисления и BigData. Квантовые информационные системы

Брусенцев И. М. Исследование особенностей фреймворка Apache Spark и его роль в распределенной обработке данных 1703

Секция 8. САПР и цифровые технологии

Белоусов С. С., Федюнин П. А. Подход к обеспечению устойчивости функционирования системы связи на основе построения единого информационного пространства 1712

Бекмирзаев Д. А., Кышанов Р. У., Мансурова Н. Ш. Формулировка квазистатических задач подземных трубопроводов при сейсмическом воздействии 1717

Бекмирзаев Д. А., Мансурова Н. Ш., Махаммадиев С. Б. Напряженно – деформированное состояние квазистатических задач подземных трубопроводов с учетом вязкоупругого взаимодействия при сейсмических воздействиях..... 1724

Букин И. О., Бредихин А. В. Планирования производства на основе мультиагентного подхода 1730

Гусев П. Ю., Чижов М. И., Скрипченко Ю. С. Оптимизация транспортной системы предприятия с применением модифицированных объектов программного средства имитационного моделирования 1734

Гусев П. Ю., Чижов М. И., Скрипченко Ю. С. Разработка принципов формирования структуры объектов в имитационных моделях 1739

Колтаков Е. В., Стафеев М. А. Повышение управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования на основе применения системы поддержки принятия решений 1745

Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Клюев Д. А. Объектно-ориентированная разработка автоматизированного учебного курса в ВУЗе 1750

Назмутдинов И. С., Кайдаш Е. П. Разработка системы распознавания неисправного состояния радиотехнических средств ..1755

Сокольников В. В., Бредихин А. В., Собенина О. В. Автоматизированное подготовка электронного макет изделия в pdm/plm системе Teamcenter 1760

Ушаков Н. Ю., Бредихин А. В., Филимонова А. А. Общая архитектура сервиса управления атрибутами объекта PDM системы 1766

Юров А. Н. Создание имитационных программных решений по визуализации металлообработки для станочного промышленного оборудования.....1769

XI ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНФОРМАТИКА В ОБРАЗОВАНИИ» (INED-2020)

Секция 1. Методика преподавания информатики

Абрамян Г. В. Методология и принципы преподавания информатики и информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых.....1778

Абрамян Г. В. Функциональные особенности и возможности использования компьютеров ARDUINO для обучения в вузах и школах программированию цифровых робототехнических и киберфизических систем.....1784

Башарина С. О., Гаркавенко Г. В., Найденкина Е. Р. Исследование особенностей работы с вещественными числами.....1791

Жакбаров О. О., Дехконов А. В., Турдалиева М. Ж. Проблемность в обучении 1798

Жакбаров О. О., Жакбарова Д. Х. Изучение возможностей программы GoogleSketchUpwen на практических занятиях.....1803

Жакбаров О. О., Рахимов И., Норматов М. А. Организация занятий по обучению создания веб-страниц в программе a4deskpro на основе современных информационных технологий.....1808

Завьялова О. А., Пешненко А. В. Ментальные карты как способ организации деятельности учащихся на уроках информатики 1814

Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Курс по теории вычислений.....1823

Копытина Е. А., Копытин А. В., Шишко Ю. В. Дополнительное образование школьников в сфере информационных технологий на примере курса «Основы программирования на языке Python» Яндекс.Лицея 1830

Кузнецова Т. М., Щербинина И. В., Чемарев В. И. Развитие творческих способностей обучающихся в начальной школе с помощью ИКТ-технологий на занятиях внеурочной деятельностью . 1835

Марчукова Т. И., Лоскутова А. Е. Особенности программы учебного курса из образовательной области «информатика» для учащихся экономико-математического и медицинского профилей..... 1841

Старикова Н. П. О выборе языка программирования для изучения на уроках информатики 1847

Сундукова Т. О., Ваныкина Г. В. Зарубежный опыт использования технологии виртуальной реальности в среднем образовании 1852

Талалаева Т. А. Обучение компьютерной графике в условиях формирования цифровой реальности 1860

Ускова О. Ф., Мельников В. М., Каплиева Н. А. Плодотворное сотрудничество компании РЕЛЭКС и факультета ПММ ВГУ в организации соревнований студентов воронежских вузов по информатике и программированию 1867

Черногорская Н. Н. Применение мобильной технологии на уроках информатики 1875

Щербинина И. В., Чемарев В. И., Кузнецова Т. М. Scratch в школах.. 1880

Секция 2. ЕГЭ по информатике

Барабаш Г. И., Старикова М. Е. Рекурсивные задачи в ЕГЭ по информатике 1887

Лоскутова А. Е., Марчукова Т. И. Решение рекурсивных алгоритмов, как задач базового уровня ЕГЭ, с помощью графа, используя обход в ширину и глубину 1891

Рыбас В. И. Делимость и интервалы в 27 задании ЕГЭ по информатике 1898

Старикова М. Е., Барабаш Г. И. Технологии поиска информации в сети Интернет 1904

Секция 3. Проектная технология обучения на основе ИКТ

Бистерфельд О. А., Комашилова Е. А., Кудимова А. А. Внедрение проектной технологии обучения на занятиях по предмету «Компьютерные науки» как средство развития универсальных учебных действий 1909

Васильева Е. Н. Формирование ИКТ-компетентности младших школьников 1913

Жук Н. М., Дуракова Т. М., Дураков С. Г. Применение принципа интерактивности и технологии блокчейн в образовательном процессе среднепрофессиональных образовательных организаций ... 1919

Ипатова Ю. Л. Применение проектно-экспертной технологии при обучении магистрантов 1925

Павличенко М. А. Использование метода проектов при подготовки индивидуальных проектов учащимися 1931

Симонова Л. М. Использование ИКТ в проектной деятельности учащихся на уроках истории и обществознания 1937

Сысоева Н. И. Создание среды для формирования сообществ обучающихся с повышенными образовательными потребностями 1941

Чемарев В. И., Кузнецова Т. М., Щербинина И. В. STEAM образование в начальной школе на основе образовательных наборов Lego 1949

Секция 4. Компьютерное моделирование и образовательные технологии

Вавилин А. И. Обучение созданию скриптов в трехмерном редакторе Blender 1955

Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Жук Н. М. Моделирование информационного процесса деловой игры 1960

Нормуратов К. Т. Педагогические процессы и их исследование математическими методами 1963

Чернецова Е. А., Шишкин А. Д. Модель прохождения цифрового сообщения по каналу связи 1968

Секция 5. Разработка и использование электронных образовательных ресурсов

Беловолова Е. Е., Рыжман Е. А. Современный урок и ЭОР 1977

Завьялова О. А., Перепелицына Е. А. Разработка интерактивных рабочих листов по информатике средствами сервиса Wizer.Me 1980

Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Методы и средства обучения программированию в вузе 1989

Моисеева Н. А. Видео-презентация как важный компонент мультимедийных электронных образовательных ресурсов 1999

Назаров Т. И., Самойлов Ю. Б. К вопросу электронного учебника как средства обучения и контроля знаний 2005

Ряполов М. П., Толстобров А. П. Система самозаписи видеолекций .2010

Саблукова Н. Г., Куликова Н. Ю. Формирование цифровой образовательной среды техникума в рамках дипломного проектирования студентов 2016

Толстобров А. П. Система оценивания уровня реализации электронных курсов в портале «Электронный университет ВГУ 2023

Трошина Р. В. Работа с интерактивными ментальными картами на уроках литературы 2029

Секция 6. Применение информационных технологий в преподавании различных дисциплин

Асланова Г. Н. Преимущества и недостатки применения информационных технологий в образовании 2033

Асланова Г. Н. Применение информационных технологий при решении задачи линейного программирования 2039

Бахилова Н. В. Применение сервиса learningApps.org при обучении химии в школе 2047

Беляева М. А. Прогнозирование параметров объектов с помощью гибридных интеллектуальных систем в среде ППП MATLAB 2053

Болгова В. В., Боровкова И. Е. Электронный языковой портфель как технология оценки личностных и метапредметных результатов в ходе подготовки к устной части ГИА по русскому и английскому языкам 2061

Валуйская О. А., Лепилина Н. Ю. Интерактивные приложения как средство раскрытия творческого потенциала обучающихся.....2067

Воронков Б. Н., Сафронич К. И. Модификация и исследование обучающей программы по ГОСТ Р 34.12–2015 2071

Воронков Б. Н., Сомов А. И., Татаринов Д. А. Криптографическая система Шнорра. Лабораторная работа 2080

Гребенюк Е. Ф. Использование технологии инфографики в образовательном процессе 2089

Гриднева О. В. Интерактивные плакаты и инфографика на уроках обществознания 2094

Данилова О. Ю., Синегубова С. В., Телкова С. А. Использование системы MS Office Excel в курсе правовой статистики 2098

Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Жук Н. М. Организация образовательной деятельности студентов в процессе изучения общеобразовательных дисциплин с использованием интерактивных технологий.....2107

Ивлев А. Н., Терновская О. В. Методическая составляющая SMART системы графического образования..... 2111

Каберов С. Р. Проблемы образования и перспективы развития информационной составляющей в вузах 2116

Киселева О. Т. Роль видеоматериалов на уроке иностранного языка в формировании коммуникативной компетенции на примере использования собственных видеофайлов 2120

Князев М. Н. Обучение детей в эпоху цифровизации 2127

Кожуренко Н. В., Шконда О. В. Эффективные методы оценки качества знаний учащихся с использованием информационных технологий.....2135

Копалиани Л. Н. Интерактивный сайт как средство повышения уровня развития обучающихся 2139

Кузьмина О. Е. Опыт использования информационных компьютерных технологий в работе школьного психолога 2143

Можей Н. П. Применение информационных технологий в преподавании дискретной математики 2148

Мячина С. А. Использование интерактивных технологий на уроках информатики 2153

Навражных В. И. Применение дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов 2158

Никитенко Т. А. Использование интернет-ресурсов в обучении младших школьников 2162

Палагутин А. В., Палагутина М. А., Серповская И. С. Augmented reality в преподавании иностранного языка 2167

Паркалова О. В. Лекция с электронным сопровождением LMS Moodle 2172

Пенькова С. Ю. Применение ИКТ для упрощения визуального восприятия доказательства теорем в алгебре и геометрии 2178

Прокопчик С. В., Саблукова Н. Г., Куликова Н. Ю. Разработка электронного учебника по физической культуре 2181

Проскурня И. А. Роль информационных технологий в адаптации и в образовательном процессе детей-мигрантов 2188

Степанцов В. А., Трофимова Л. А. Требования к построению компьютерной системы контроля знаний по информатике 2195

Франчук А. К. Комплексное применение технических средств обучения летного состава эксплуатации радиоэлектронного оборудования вертолетов 2199

Шевцова С. Т. Возможности образовательного портала «Решу ЕГЭ» для подготовки к итоговой аттестации 2206

Секция 7. Проблемы дистанционного образования

Батан С. Н. Использование социальных сетей для обучения 2212

Батан С. Н. Сервисы дистанционного обучения 2216

Волова О. Н. Использование технологии дистанционного обучения в учебном процессе 2221

Зимарин А. М. Опыт использования информационных технологий в сфере дистанционного обучения 2227

Калинина Т. О., Добрикова С. О., Калинин Н. В. Дистанционное обучение математике. Опыт реализации 2233

Карпова Е. В. Дистанционное обучение: плюсы и минусы. Система дистанционного обучения Moodle. Основные возможности системы 2237

Фролов И. А., Фролова Л. Л. Анализ современных сервисов дистанционного обучения 2246

Секция 8. Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы

Ермошин А. В., Смирнов В. А. Использование рабочих программ «1С: Клуб программистов» в процессе подготовки школьников к олимпиадам по информатике 2253

Секция 9. Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

Абрамян Г. В., Катасонова Г. Р. Особенности обучения информатике и информационным технологиям в условиях перехода на профессиональные стандарты образования 2259

Киселев В. С., Зайцева С. А. Электронное портфолио как средство профессионального позиционирования будущего учителя 2266

Макарчук Т. А. Профессиональные цифровые компетенции магистра прикладной информатики в условиях цифровой экономики 2272

Научное издание

Информатика: проблемы, методы, технологии

Материалы
XX Международной научно-методической конференции

Воронеж,
13-14 февраля 2020 г.

Минимальные системные требования:
PC не ниже класса Pentium I, 32 Mb RAM,
свободное место на HDD 16 Mb,
Windows 95/ 98, Adobe Acrobat Reader,
дисковод CD-ROM 2-х, мышь.

Подписано к использованию 29.04.20.
Объем данных 60 Мб. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
Тираж 500 экз. Заказ 122.

ООО «Вэлборн»
Издательство «Научно-исследовательские публикации»
394068, г. Воронеж, Московский пр-т, 98
Тел. +7 (930) 4035-418
http://wellborn@scirep.ru E-mail: wellborn@scirep.ru
Изготовлено фирмой «Большой формат» (ООО «Твой выбор»).
394018, г. Воронеж, ул. Кости Стрелюка, д. 11/13, офис 6
Тел. +7 (473) 238-26-38

http://big-format.ru, e-mail: 382638@mail.ru